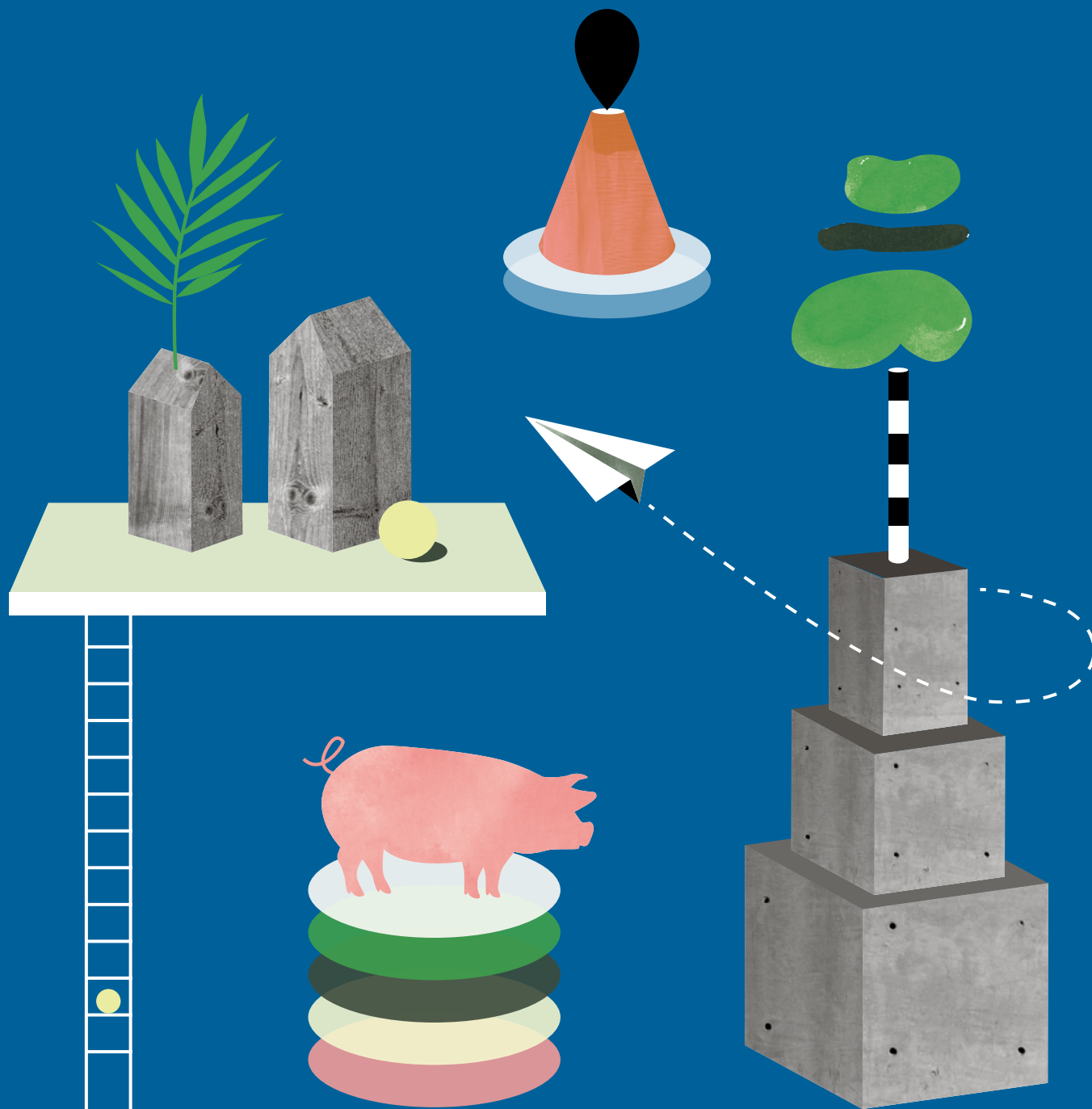
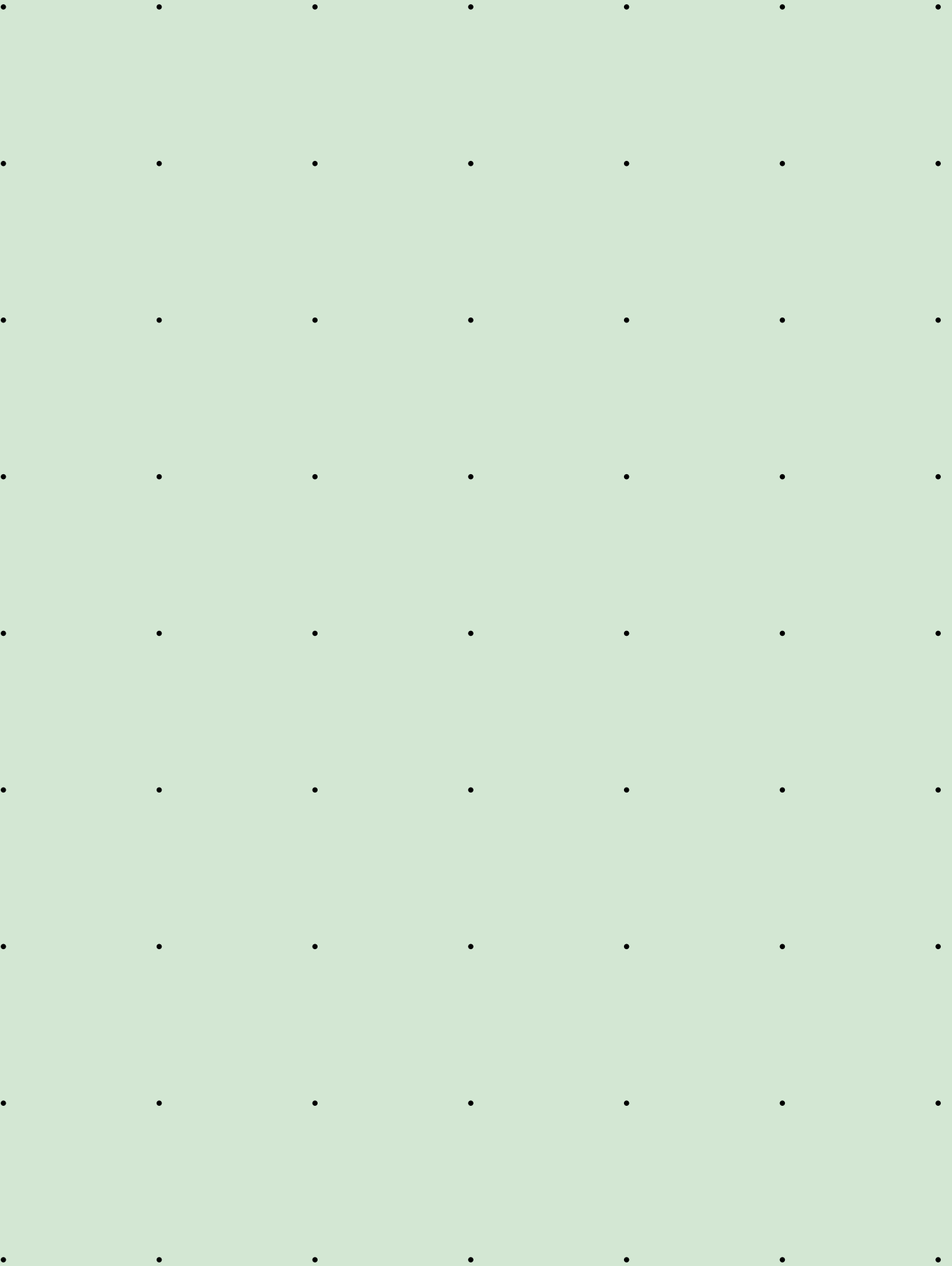


Klimarådet.



Udfordringer og muligheder på vej mod et klimaneutralt samfund

– ET DISKUSSIONSOPLÆG TIL KLIMARÅDETS KOMMENDE ARBEJDE



Indhold

Klimarådets kommende arbejde	s. 4
Kampen mod klimaforandringerne kræver handling her og nu	s. 7
Omstillingen bør ikke udskydes	s. 10
Alle sektorer skal i gang med omstillingen	s. 15
Dansk klimapolitik skal ses i et internationalt perspektiv	s. 19
Løsninger skal findes på tværs af sektorer	s. 23
Udfordringer og løsninger i forskellige sektorer	s. 25
— Landbrug	s. 27
— Elektricitet	s. 28
— Transport	s. 29
— Opvarming og bygninger	s. 30
— Industri	s. 31
— Negative udledninger	s. 32

Klimarådet er et uafhængigt ekspertorgan, der rådgiver om, hvordan den grønne omstilling kan ske, så vi fremtiden kan leve i et klimaneutralt Danmark og samtidig fastholde velfærd og udvikling. Klimarådet blev etableret med klimaloven fra 2014 og består af syv eksperter, der udnævnes af regeringen. *Du kan læse mere om Klimarådet på www.klimaraadet.dk*

UDGIVER Klimarådet
PRODUKTION First Purple Publishing A/S
PROJEKTLEDER Kristian Lee Dahm Dickow
ANSVARSHAVENDE REDAKTØR
Rasmus Sangild, Klimarådets sekretariat
DESIGN OG ILLUSTRATION Trine Natskår
KONTAKT Rasmus Sangild / tlf.: +45 4133 9495
/ e-mail: rasmus.sangild@klimaraadet.dk
PRINT Stibo Printing Solutions



This printed matter is carbon compensated according to ClimateCalc.
Offsets purchased from: South Pole Carbon
www.climatecalc.eu
Cert. no. CC-000001/DK

Klimarådets kommende arbejde

Danmark har et mål om at blive klimaneutral i 2050, hvilket vil sige, at der ikke udledes flere drivhusgasser, end der suges ud af atmosfæren. Normalt tager klimapolitikken udgangspunkt i år 1990, og det betyder, at vi allerede har brugt cirka halvdelen af tiden frem mod vores langsigtede mål i 2050. Ganske vist er Danmark kommet et godt stykke, men der er stadig lang vej, før vi når i mål.

Omstillingen til et klimaneutralt samfund bliver en stor opgave, og der er stadig mange udfordringer, der skal løses for at nå i mål i 2050. Klimarådet vil derfor i sin næste 4-årige periode fokusere på 2050-målet og komme med anbefalinger til politik og redskaber, der bør bringes i anvendelse i de kommende år, hvis Danmark skal nå det krævende, men nødvendige, 2050-mål.

Klimarådet er etableret i forbindelse med klimaloven, der blev vedtaget af Folketinget i 2014, og har til formål at sætte de overordnede rammer for Danmarks klimapolitik. Medlemmerne er udpeget for fire år ad gangen med mulighed for forlængelse én gang. Klimarådet er netop gået ind i sin anden rådsperiode med to nyudpegede medlemmer, Peter Møllgaard (formand) og Marie Trydeman Knudsen, mens fem medlemmer er genudpeget.

Som medlemmer af Klimarådet er det vores opgave at give anbefalinger til politikere, virksomheder og borgere om klimapolitiske tiltag og klimavenlig adfærd. Som et grundlag for dette arbejde vil vi i den kommende tid skabe et overblik over Danmarks samlede grønne omstilling frem mod 2050 og de udfordringer, Danmark skal tage fat på hurtigst muligt for at sikre en klog og effektiv omstilling til et klimaneutralt samfund. Det gør vi for at få det bedst mulige afsæt for vores kommende analyser og anbefalinger.

Dette diskussionsoplæg har til formål at skitsere udfordringerne i de forskellige sektorer af det danske samfund. Med udgangspunkt i disse udfordringer vil vi i Klimarådet i den kommende tid inddrage relevante aktører, der ligger inde med viden om tiltag, der kan medvirke til at nedbringe Danmarks udledning af drivhusgasser, og diskutere de bedste løsninger. Samtidig opfordrer vi alle, der har forslag, viden eller bare gode idéer, der vil kunne bidrage til rådets arbejde, til at tage kontakt til Klimarådets sekretariat og dermed gøre rådet klogere.

Den grønne omstilling er en kæmpe opgave, og kun ved at forene alle gode kræfter kan vi gennemføre en omkostningseffektiv omstilling og samtidig fastholde velfærd og udvikling i Danmark.

MEDLEMMER AF KLIMARÅDET



Peter Møllgaard (Formand)
DEKAN VED MAASTRICHT UNIVERSITY
SCHOOL OF BUSINESS AND ECONOMICS



Jørgen Elmeskov
RIGSSTATISTIKER I DANMARKS STATISTIK



Niels Buus Kristensen
FORSKNINGSLEDER VED TRANSPORT-
ØKONOMISK INSTITUTT I OSLO



Marie Trydeman Knudsen
FORSKER VED INSTITUT FOR AGROØKOLOGI
VED AARHUS UNIVERSITET



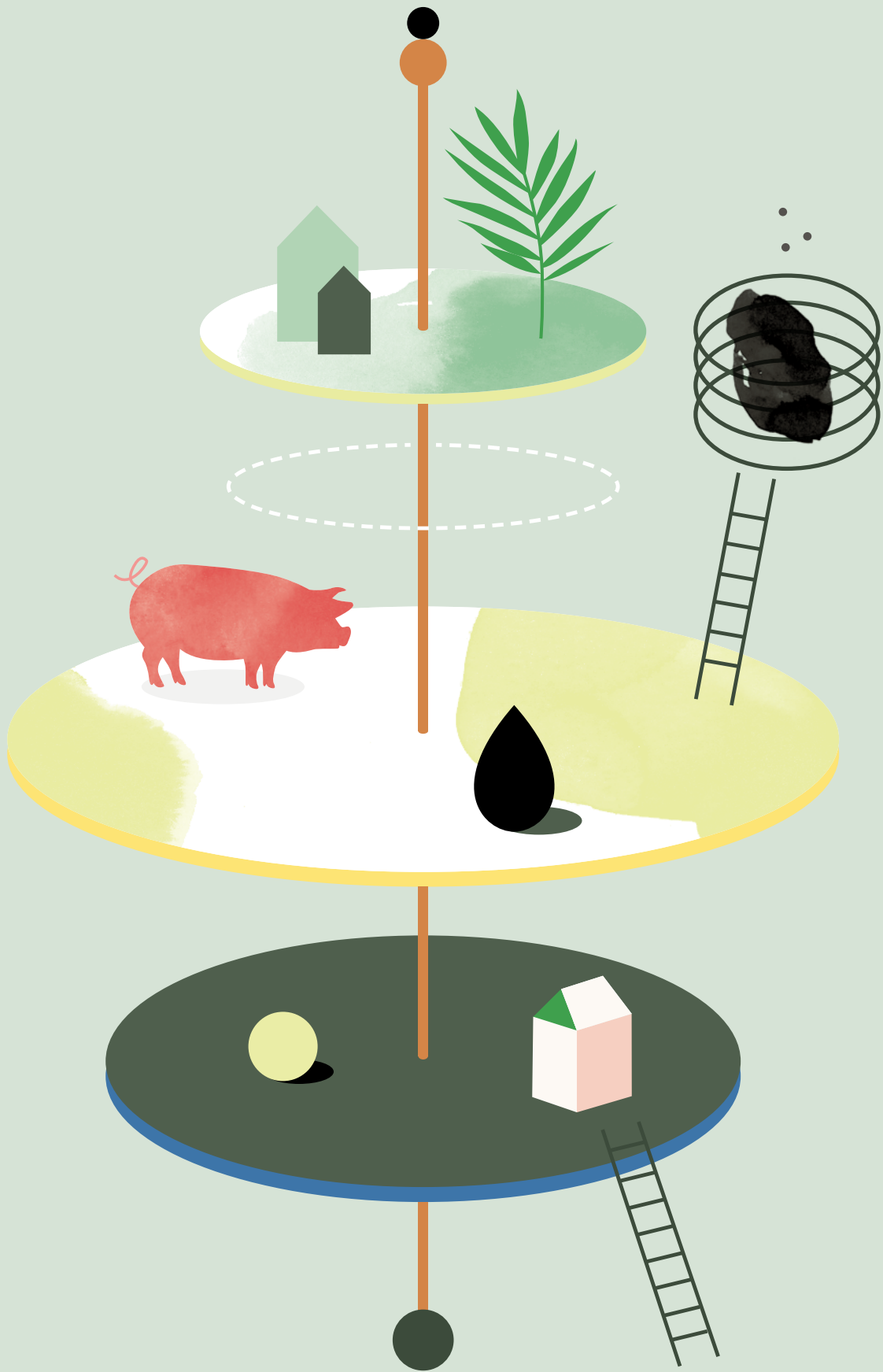
Poul Erik Morthorst
PROFESSOR I ENERGIØKONOMI
VED DTU MANAGEMENT



Katherine Richardson
PROFESSOR I BIOLOGISK OCEANOGRAPHI
OG LEDER AF SUSTAINABILITY SCIENCE CENTRE
VED KØBENHAVNS UNIVERSITET



Jette Bredahl Jacobsen
PROFESSOR I MILJØ- OG RESSOURCEØKONOMI OG
VICEINSTITUTLEDER FOR FORSKNING VED INSTITUT FOR FØDEVARE-
OG RESSOURCEØKONOMI VED KØBENHAVNS UNIVERSITET



De globale udledninger af drivhusgasser er stigende, og dette skal vendes meget hurtigt, hvis vi skal have en chance for at undgå de værste konsekvenser af den globale opvarmning. Derfor skal vi i gang med omstillingen til et klimaneutralt samfund nu, og der er behov for, at alle sektorer kommer i gang med at reducere udledningerne og får lagt planer, der sætter retningen for, at Danmark bliver klimaneutralt senest i 2050.

Kampen mod klimaforandringerne kræver handling her og nu

Der er bred enighed om, at klimaforandringerne er en af menneskehedens største udfordringer, og at det mere end nogensinde haster med at finde løsninger på problemet. For at kunne have en chance for at *“begrænse temperaturstigningen til et stykke under 2 grader med sigte på at holde temperaturstigningen under 1,5 grader”*, som det er aftalt i Parisaftalen fra 2015, skal drivhusgasudledningerne reduceres drastisk i de kommende år.

I dag er den globale temperatur næsten 1 grad over niveauet for den industrielle revolution, og den seneste rapport fra FN’s klimapanel, IPCC, gør det klart, at verden allerede mærker konsekvenserne af denne menneskeskabte opvarmning. Disse konsekvenser vil blot blive værre jo mere temperaturen stiger. Indtil videre er de nationale klimamål, som verdens lande har indmeldt til FN i forbindelse med Parisaftalen, ikke nok til at holde temperaturen tilstrækkelig i ro. Det gælder også for de reduktionsmål, som EU har indmeldt. Hvis landene ikke skærper deres indsatser, vil temperaturstigningen

blive over 3 grader, hvilket vil have meget store negative konsekvenser.¹

Der er behov for markante og hurtige reduktioner af drivhusgasudledningerne på global skala for at begrænse den globale opvarmning til 1,5-2 grader. Den vigtigste drivhusgas for klimaforandringerne er CO₂, og ifølge beregningerne fra IPCC, skal de globale udledninger af CO₂ reduceres med 40-60 pct. i 2030 i forhold til 2010, hvis verden skal have en realistisk chance for at holde temperaturstigningen under 1,5 grader. Det står i skærende kontrast til det faktum, at de globale udledninger fortsat stiger og også forventes at gøre det i de kommende år.

Danmarks klimamål for 2050 kræver en storstilet omstilling

Parisaftalen er omdrejningspunktet for dansk klimapolitik. Både fordi Parisaftalen har stor indflydelse på klimapolitikken i EU, men også fordi et enigt Folketing har besluttet, at Danmark skal være kli-

maneutral senest i 2050. Dermed agter Danmark at yde sit bidrag til Parisaftalens delmål om, at kloden som helhed skal være klimaneutral engang i anden halvdel af århundredet. At være klimaneutral betyder, at der suges ligeså mange drivhusgasser ud af atmosfæren, som der udledes til den.

Danmark befinder sig omtrent halvvejs mellem 2050 og 1990, som er det typiske udgangspunkt i klimapolitikken. Fra 1990 til i dag har klimapolitikken i høj grad fokuseret på at omstille energisektoren fra fossil energi til vedvarende energi og på at øge energieffektiviteten i vores bygninger. Energiaftalen fra 2018 anviser en vej mod 100 pct. vedvarende energi i el- og fjernvarmesektoren i 2030, men sektoren står stadig over for væsentlige udfordringer ved at blive klimaneutral i fremtiden. Fx skal vi blive bedre til at lagre strømmen fra vores vindmøller, så vi kan bruge den, når det ikke blæser.

Samtidig er det nødvendigt, at der nu for alvor tages hul på næste fase i det vi normalt omtaler som den grønne omstilling. I denne fase skal der også findes løsninger til at reducere udledningerne i de andre sektorer som transport, landbrug, bygninger og industri. Spørgsmålene er mange: Hvordan re-

ducerer vi udledningerne fra den animalske fødevarereproduktion? På vejene er elbilerne så småt begyndt at vinde indpas, men hvordan får vi speedet processen op? Vil elektricitet også blive løsningen for lastbiler og busser? Hvordan bliver Danmark klar til at gøre brug af grønne teknologier til fly og skibe? Og i hvor høj grad kan Danmark bidrage til teknologiudviklingen i de forskellige sektorer?

Det er dog ikke nok at reducere udledningerne af drivhusgasser. Med stor sandsynlighed bliver der også behov for at suge CO₂ ud af atmosfæren for at blive helt klimaneutral i 2050. Dette er en kæmpe udfordring, da dagens teknologier til at indsamle og lagre CO₂ enten er meget dyre eller har begrænset potentiale. Derfor skal vi først og fremmest gøre alt, hvad vi kan for at reducere udledningerne så meget som overhovedet muligt, men samtidig forske i metoder til at suge CO₂ ud af atmosfæren.

Selvom Danmarks CO₂-udledninger kun udgør en lille del af de globale udledninger, er Danmarks klimapolitik ikke lige gyldig. Danmark kan fungere som et eksempel for andre lande på en vellykket grøn omstilling. Fx kan Danmark bidrage til at udvikle teknologier og løsninger, som kan benyttes i



Peter Møllgaard

Formand for Klimarådet, dekan ved Maastricht University School of Business and Economics med erfaring inden for indpasning af vedvarende energi i elsystemet og forskning i regulering og konkurrencepolitik. Tidligere medlem af blandt andet Energinets bestyrelse og Energinetkommissionen.

Hvad bliver Klimarådets hovedopgave i den kommende periode?

”Målet er klart! Danmark skal være klimaneutral i 2050, og det er en kæmpe opgave. Klimarådet går derfor i gang med et omfattende arbejde, hvor vi identificerer de væsentligste udfordringer, men også finder konkrete løsninger, der kan hjælpe Danmark på vej mod klimaneutralitet.”

Hvordan får vi en omkostningseffektiv grøn omstilling?

”Hvis Danmark skal have en fornuftig og omkostningseffektiv omstilling til et klimaneutralt samfund, skal

strategien frem mod 2050 bygge på to principper: Vi skal undgå at udskyde til i morgen, hvad vi kan gøre i dag, for der er ingen tid at spille. Samtidig skal vi have alle sektorer med om bord, da det er hele samfundet, der skal omstilles, før vi er i mål. Virkemidler, tiltag, teknologier og løsninger kan variere, men uden disse to grundlæggende principper når vi ikke i mål med et klimaneutralt Danmark i 2050 på en omkostningseffektiv måde.”

andre lande. Samtidig kan Danmark tale med større stemme i de internationale klimaforhandlinger, hvis vi kan vise, at Danmark er godt på vej mod et klimaneutralt samfund.

To principper giver et fornuftigt grundlag for den grønne omstilling

Klimarådet vil i sit arbejde lægge til grund, at en fornuftig omstilling til et klimaneutralt Danmark bør baseres på to hovedprincipper:

For det første bør den grønne omstilling ikke udskydes. Vi risikerer at gøre omstillingen unødigt dyr for samfundet, hvis vi venter for længe med at komme i gang. Samtidig er det afgørende, at drivhusgasudledningerne i verdens lande reduceres hurtigst muligt, hvis vi skal have en chance for at holde temperaturen under 1,5-2 grader, og som det blev aftalt i Parisaftalen, skal rige lande som Danmark med en stor drivhusgasudledning pr. indbygger gå forrest og vise en farbar vej.



For det andet skal alle sektorer i gang med den grønne omstilling. Omfanget af omstillingen og den relativt korte tidshorisont til 2050 gør tilsammen, at det ikke længere er muligt at fokusere på én sektor ad gangen. Det er urealistisk at tro, at vi kan få et klimaneutralt samfund samtidig med, at en eller flere sektorer udleder næsten lige så meget som i dag. I så fald vil vi skulle suge CO₂ ud af atmosfæren i et omfang, som ikke virker sandsynligt med den nuværende teknologiudvikling. Derfor skal alle sektorer i gang med at finde tiltag, der kan reducere udledningerne, og der skal lægges langsigtede strategier for, hvordan sektorerne kommer i mål i 2050. •



Katherine Richardson

Medlem af Klimarådet, professor i biologisk oceanografi og leder af Sustainability Science Centre ved Københavns Universitet. Forsker i klimaforandringernes påvirkning af havmiljøet og tidligere formand for Klimakommissionen.

Hvorfor er det så vigtigt at holde temperaturstigningen under 1,5 grader?

”Den seneste forskning viser, at konsekvenserne ved en global opvarmning på 2 grader er ret markante. Ekstremt vejr i form af storme og hedebølger bliver mere hyppige, næsten alle koralrev vil være ødelagt, og biodiversiteten vil blive forringet markant. Vi undgår ikke alle konsekvenserne ved 1,5 graders opvarmning, men situationen ser meget bedre ud. Derfor bør vi gøre en betydelig indsats for at holde temperaturstigningen under 1,5 grader.”

Er 1,5-gradersmålet overhovedet realistisk?

”Det bliver utrolig svært at nå 1,5-gradersmålet. Hvis målet skal nås, skal verdens lande lægge en hel anden og meget mere ambitiøs klimapolitik, end tilfældet er i dag. I 2030 skal udledningerne omtrent være halveret i forhold til 2010, hvis vi skal have en realistisk chance for at nå målet. Det kræver en hurtig indfasning af nye teknologier, og det kræver en ændring af vores adfærd og forbrug.”

Der er flere forskellige veje til at nå målet om klimaneutralitet i 2050, men ikke alle er lige gode. For klimaet er en hurtig omstilling klart at foretrække, og meget tyder også på, at det økonomisk er bedst ikke at udskyde omstillingen.

Omstillingen bør ikke udskydes

Målet om at være klimaneutral i 2050 kan nås på forskellige måder. Danmark kan vælge at gøre en stor indsats på den korte bane og dermed få en relativt jævn omstilling frem mod 2050, eller vi kan vælge at udskyde størstedelen af omstillingen til fx 2040'erne.

Forskellen på de to tilgange er vist i figur 1 med to illustrative forløb. I det ene forløb (det blå) går omstillingen hurtigt, og udledningerne reduceres meget frem mod 2040, mens udledningerne i det andet forløb (det grønne) kun falder svagt frem til 2040, hvorefter der er behov for markante reduktioner fra 2040 til 2050. I det nederste panel i figuren ses de samlede udledninger siden 2020. Panelet viser, at selvom de årlige udledninger ender i nul i 2050 i begge scenarier, så bliver de samlede udledninger markant højere, hvis omstillingen udskydes.

I begge forløb bliver Danmark klimaneutral i 2050. Det betyder dog ikke, at det er ligegyldigt, hvilket forløb Danmark kommer til at følge. Selvom det måske kan være fristende at udskyde omstillingen i håb om, at de grønne teknologier over tid bliver billigere, er der nemlig mindst to klare fordele ved en hurtigere omstilling. For det første

er det mest gavnligt for klimaet, hvis den samlede danske udledning af drivhusgasser bliver lavere, og det vil samtidig bedre kunne være et godt eksempel for andre lande. For det andet kan det vise sig unødvendigt dyrt at skulle forcere omstillingen i de sidste år inden 2050.

Klimaforandringerne afhænger af de samlede drivhusgasudledninger

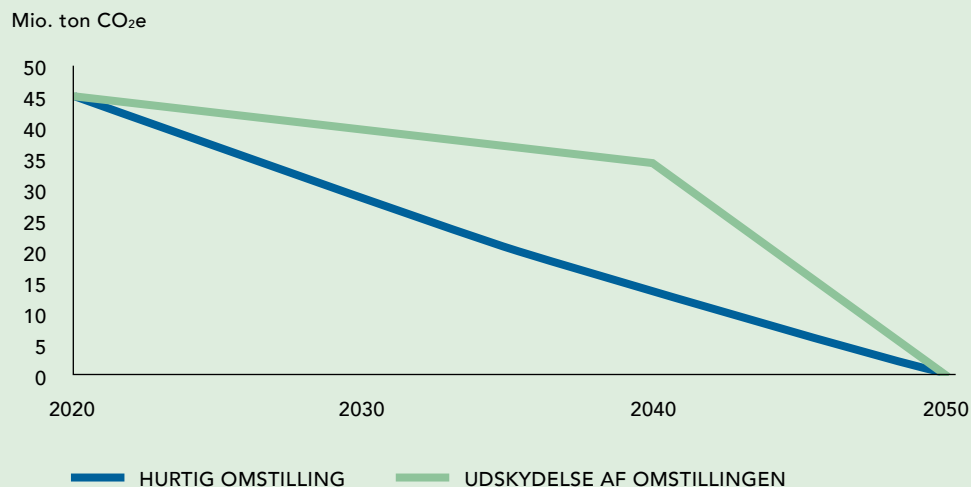
Hvor meget temperaturen stiger, afhænger af den samlede mængde drivhusgasser i atmosfæren. Det betyder, at når temperaturstigningen skal holdes under 1,5-2 grader, så er der en begrænset mængde drivhusgas, som hele verden kan udlede. Denne mængde kaldes også kulstofbudgettet eller karbonbudgettet. Det er dog i princippet muligt at udlede mere end dette budget, hvis man efterfølgende suger CO₂ ud af atmosfæren.

I næsten alle scenarier, der holder temperaturen under 1,5 grader, skal der suges en del CO₂ ud af atmosfæren, og jo langsommere den grønne omstilling sker, jo mere CO₂ skal der suges ud af atmosfæren. I scenarier, hvor de globale udledning-

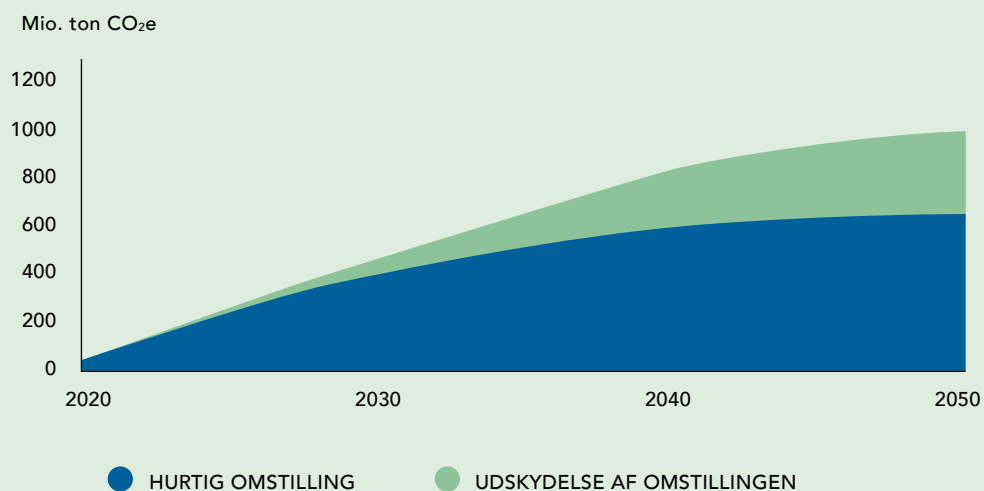
Figur 1: Forskellen på hurtig og udskudt omstilling

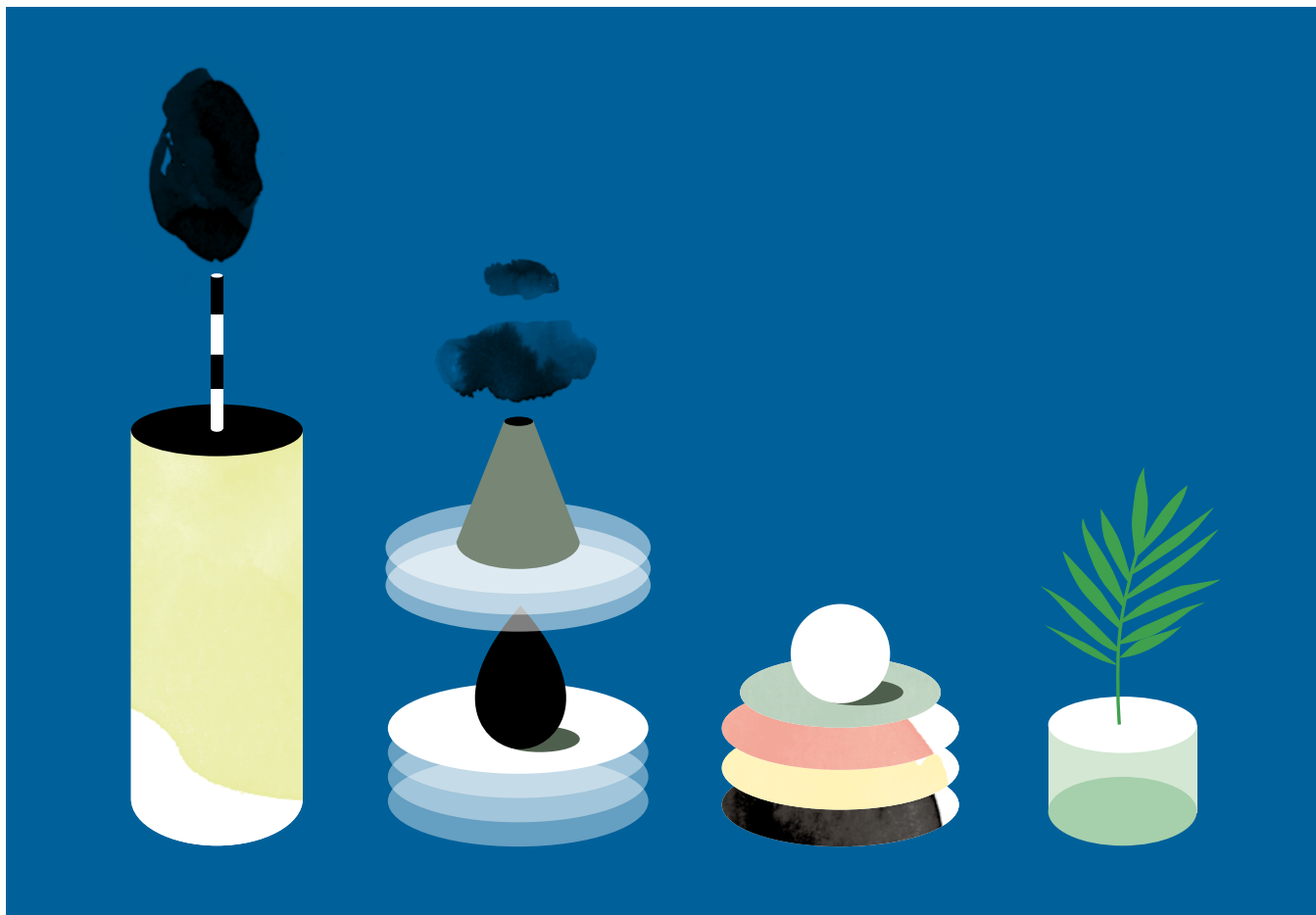
Figuren illustrerer to hypotetiske forløb for udledningerne, der begge opfylder målet om klimaneutralitet i 2050. Det øverste panel viser udledninger i et givent år, mens det nederste panel viser den samlede mængde udledte drivhusgasser fra 2020 og frem.

A) ÅRLIGE UDLEDNINGER



B) SAMLEDE UDLEDNINGER SIDEN 2020





er ikke falder de næste 10 år, vil kulstofbudgettet blive overskredet i en sådan grad, at 90 pct. af alle CO₂-udledninger skal suges ud af atmosfæren for at holde temperaturstigningen under 1,5 grader i år 2100.²

Det potentielt meget store behov for at fjerne CO₂ fra atmosfæren er foruroligende, fordi der hersker stor usikkerhed om både potentialet og omkostningerne ved teknologier og metoder. I dag findes der meget få storskalaforsøg på området, og forskellige studier vurderer, at disse teknologier fremover forsat vil være dyre eller have begrænset potentiale.³

Den eneste velafprøvede metode til at fjerne CO₂ fra atmosfæren er skovrejsning. Når en skov vokser, optager den nemlig CO₂ fra luften. Men potentialet for skovrejsning er begrænset af klodens areal, som også skal bruges til andre formål, fx til at brødføde verdens befolkning.

Det kan derfor vise sig at blive meget dyrt på globalt plan, hvis verden udskyder reduktionen af

drivhusgasudledningerne i forventning om at kunne fjerne CO₂ fra atmosfæren senere hen. Og det vil i sidste ende medføre en stor risiko for, at målet om at holde temperaturen under 1,5 grader ikke kan nås.

Udskudt omstilling kan blive forceret og dyr

Betragtes vejen mod klimaneutralitet i 2050 udelukkende fra et dansk, økonomisk perspektiv, er der ting, der taler for at vente så længe som muligt med den nødvendige omstilling. Dels må vi forvente, at de grønne teknologier bliver billigere med tiden, og dels vil vi kunne fortsætte med at bruge de sorte teknologier i længere tid – teknologier, som i mange tilfælde stadig er billigere end de grønne, selvom de grønne teknologier i nogle sektorer er tæt på at kunne konkurrere på markedsvilkår.

Selvom disse argumenter isoleret set er valide, er der flere gode og vægtige argumenter, der trækker i den modsatte retning. Den grønne omstilling

er en så omfattende opgave, at vi ikke kan vente til få år inden 2050 med at løse den. Gør vi det, skal omstillingshastigheden forceres, og ambitionen om klimaneutralitet kan dermed gå hen og blive unødigt dyr eller måske ligefrem umulig. Det tager mange år at investere i den nødvendige infrastruktur og i de nye produktionsanlæg, der skal til for at gøre Danmark klimaneutral, ligesom det tager tid at få integreret alle de forskellige nye teknologier i energisystemet. Vi skal have tid til at gøre os erfaringer, til at lave fejl og til efterfølgende at rette op, og vi skal have tid til at vænne os til at gøre tingene anderledes.

“Den grønne omstilling er en så omfattende opgave, at vi ikke kan vente til få år inden 2050 med at løse den”

En hurtigere omstilling, som stiller større krav på den korte bane, kan også drive innovationen inden for grønne teknologier. Erfaringer har vist, at innovation ofte bliver fremprovokeret af, at der sættes både kort- og langsigtede mål, stilles klare krav og gives økonomiske tilskyndelser.

Derudover vil en betydelig klimainsats på den korte bane skabe troværdighed om det langsigtede mål. Hvis Danmark ikke har rykket sig, når vi kommer tættere på 2050, vil virksomheder og borgere spørge sig selv, om politikerne nu også er villige til at gøre det, der skal til for at opnå klimaneutralitet. De vil måske undlade at tage de klimavenlige valg i forventning om, at politikerne i sidste ende ikke har modet til at gøre det nødvendige for at nå i mål. Af samme grund ser man også mange virksomheder, som efterspørger skærpede målsætninger og tiltag både nationalt og internationalt, da det netop giver sikkerhed for investorerne, og dermed gør det nemmere at vælge klimavenligt. En tydelig sammenhæng mellem mål, og den politik, der føres i dag, er således afgørende.

På den baggrund er det Klimarådets klare opfattelse, at Danmark bør bestræbe sig på en jævn og gradvis omstilling til et klimaneutralt samfund i 2050. Det indebærer, at omstillingen ikke udskydes, og dermed skal udledningerne reduceres markant allerede inden 2030, også selvom vi først skal være klimaneutral 20 år senere. Det er givetvis billigst for samfundet i det lange løb, og det er i hvert fald bedre for klimaet. •



Jette Bredahl Jacobsen

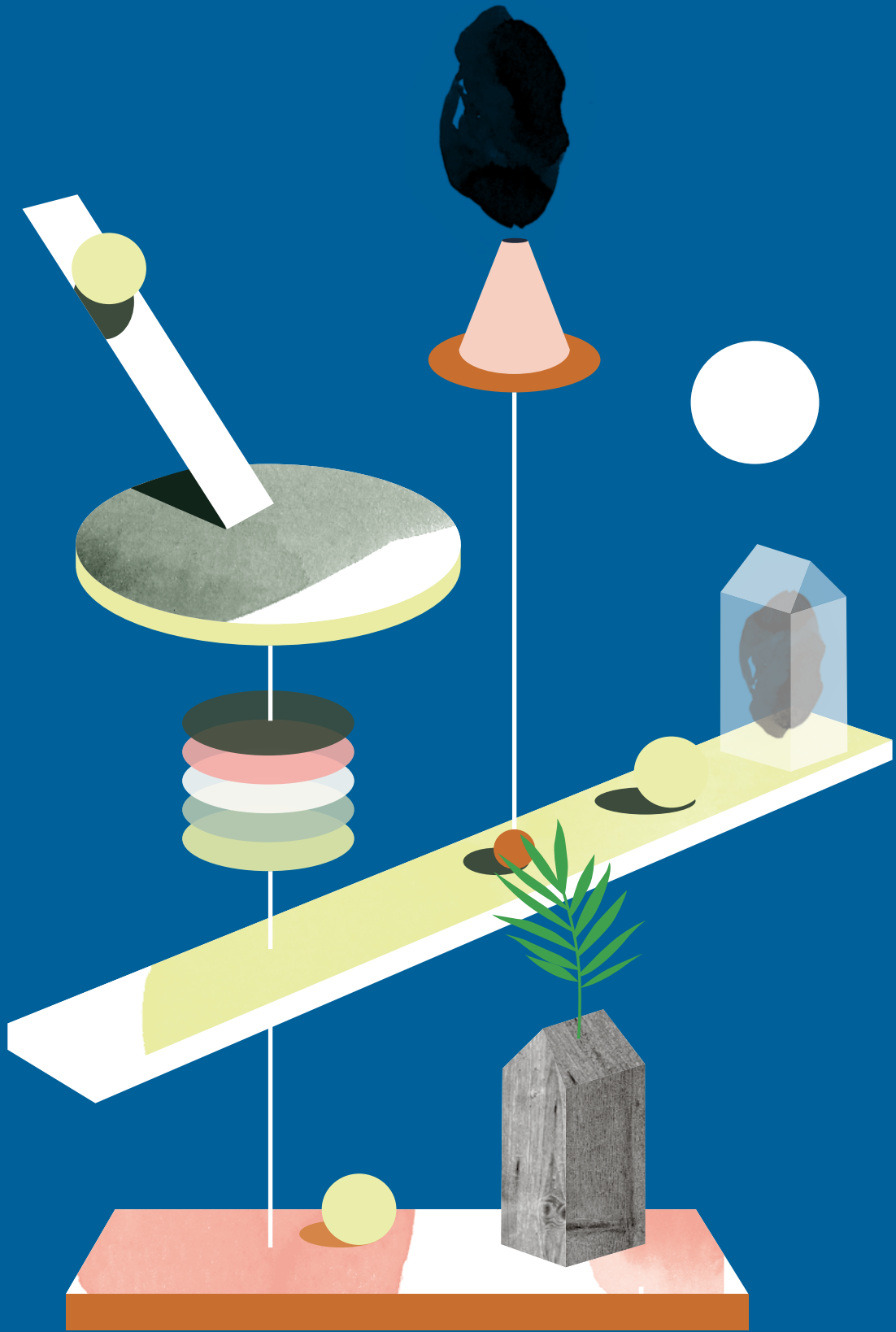
Medlem af Klimarådet og professor og viceinstituteder for forskning ved Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi ved Københavns Universitet. Forsker blandt andet i miljøøkonomi, værdisætning af miljøgoder, økonomi i naturnær skovdrift, klimaforandringer samt rammevilkår for skovbruget.

Hvorfor ikke vente på billigere teknologier?

“Klimaforandringerne er her allerede, og hvis vi skal nå at begrænse dem, skal der handles her og nu. Nogle investeringer har så lang levetid, at hvis vi ikke får omstillet nu, så får vi investeret i fossilt isenkram, som kommer til at være i drift i mange år fremover. For at nå 2050-målet vil disse investeringer så skulle skrottes før tid. Det kan derfor være billigere at benytte grønne og lidt dyrere teknologier nu.”

Hvad er ulempen ved at have behov for negative udledninger?

“Selv hvis omkostningerne til at suge store mængder CO₂ ud af atmosfæren på sigt bliver overkommelige, kan vi risikere, at der allerede er sket uoprettelige skader på klimaet inden vi for alvor får suget drivhusgasser ud af atmosfæren.”



Ingen sektorer kan se sig fri for at skulle bidrage til den grønne omstilling på lang sigt. Men også på kort sigt skal alle sektorer i gang. For nogle sektorer er værktøjerne til at reducere udledningerne allerede klar, mens der i andre sektorer kun er få gode redskaber, og derfor er der behov for at lægge langsigtede strategier for disse sektorer. Spørgsmålet er, hvilke værktøjer og redskaber, de forskellige sektorer skal benytte sig af.

Alle sektorer skal i gang med omstillingen

At Danmark skal være klimaneutral i 2050 indebærer, at alle sektorer skal bidrage til at reducere udledningerne. Klimaneutralitet betyder, at enhver udledning af drivhusgasser skal modsvares af, at en tilsvarende mængde CO₂ suges ud af atmosfæren. Og netop usikkerheden omkring potentialet for og prisen på disse metoder til at suge CO₂ ud af atmosfæren gør, at vi ikke kan tillade os at friholde nogen sektor fra at bidrage til den grønne omstilling. Dette hersker der efterhånden bred enighed om i Danmark.

Forskellige sektorer har i dag forskellige muligheder for at reducere udledningerne. Det betyder dog ikke, at sektorer med få eller dyre muligheder for at reducere ikke skal i gang. Alle sektorer bør allerede nu gå i gang med at benytte de redskaber, der rent faktisk findes til at reducere udledningerne, ligesom der skal lægges strategier for, hvordan sektorerne kan blive klimaneutral eller komme så tæt på som muligt. Strategierne er især vigtige i de sektorer, som kun har få muligheder for at reducere udledningerne. Som tidligere nævnt tager det nem-

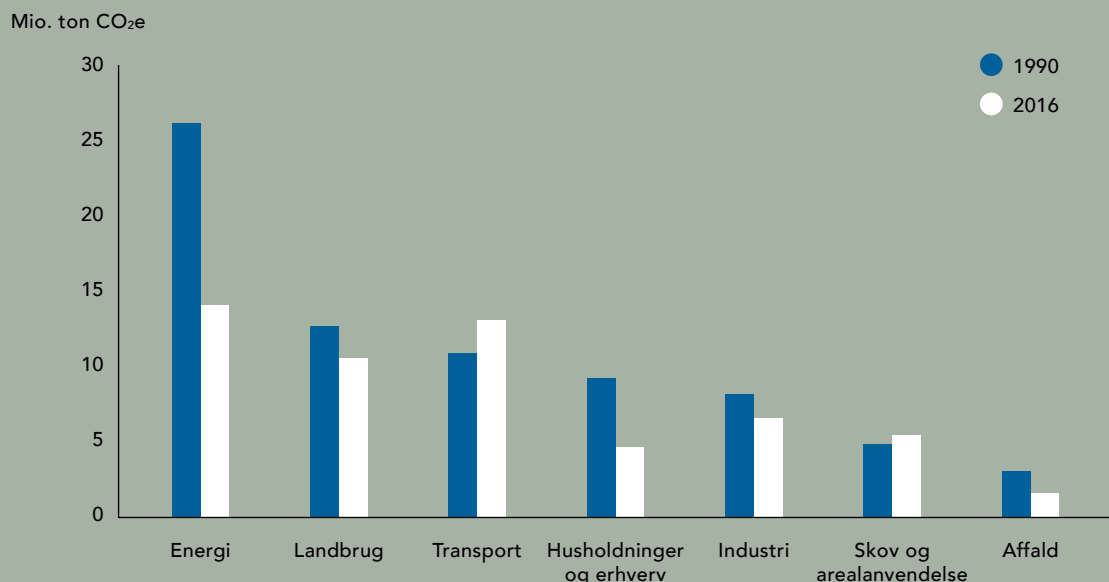
lig tid at udvikle alle de nødvendige redskaber, der skal til for at reducere drivhusgasudledningerne tilstrækkeligt. Derfor er der simpelthen ikke tid til, at nogle sektorer først om 10 eller 20 år går i gang med at overveje, hvordan deres udledninger kan reduceres. Dette hænger fint i tråd med det første princip, som er beskrevet tidligere.

Flere sektorer er langt fra klimaneutralitet

Mange sektorer har stadig lang vej før de bliver klimaneutral eller blot bringer udledningerne tæt på nul. Dette viser figur 2. Af figuren ses også, at en række sektorer kun har reduceret udledningerne meget lidt siden 1990, og at udledningerne fra enkelte sektorer endda er steget.

For at bringe Danmark i mål, skal udviklingen fortsætte i energisektoren, som især omfatter produktionen af elektricitet og fjernvarme. Der skal derfor fortsat udbygges med vedvarende energi, og der skal lægges en strategi for, hvordan man håndterer et elsystem med en meget stor andel af vind-

Figur 2: Danmarks udledninger fordelt på sektorer i 1990 og 2016



Anm. 1: Skov og arealanvendelse er en lidt anderledes sektor, fordi udledningerne herfra dækker over ændringer i den mængde kulstof, som ophobes i træer og jord. Hvis fx et træ fældes og brændes af, er der mindre kulstof bundet i skoven, og det tæller som en udledning fra sektoren for skov og arealanvendelse. Kilde: Energistyrelsen, *Energistatistik 2017*.



Niels Buus Kristensen

Medlem af Klimarådet og forskningsleder ved Transportøkonomisk Institutt i Oslo. Har blandt andet forsket i transportsektoren i relation til klimaudfordringen og er tidligere medlem af Trængselskommissionen.

Kan vi ikke lade nogle sektorer slippe, hvis det er svært at reducere udledningerne der?

”Nej. I et klimaneutralt samfund er der ikke plads til, at nogle sektorer kører på frihjul. Vi har fornuftigt nok taget de billigste tiltag først, men nu er det på tide, at vi for alvor kommer i gang med at reducere udledningerne i alle sektorer, også i landbruget og transporten.

Heldigvis kender vi i dag konkrete tiltag, som kan reducere udledningerne inden for alle sektorer. Der er dog stadig områder, som fx den tunge transport, hvor vi endnu ikke kender de gode metoder til helt at slippe af med udledningerne. Spørgsmålet bli-

ver så, i hvor høj grad vi skal transportere mindre gods og i hvor høj grad, vi kan finde omkostningseffektive, grønne teknologier, som kan erstatte de fossile brændsler.”

Hvorfor skal de sektorer, hvor vi mangler de rigtig gode løsninger, også i gang nu?

”Alle sektorer bør have øje for de løsninger, der allerede i dag kan reducere udledningerne på en omkostningseffektiv måde. Men derudover er det nødvendigt, at der i de sektorer, hvor det stadig er svært eller dyrt at reducere, lægges strategier for, hvordan sektoren kan komme i mål i 2050.”

og solenergi, hvor produktionen af elektricitet i høj grad afhænger af vejret. Udledningerne i husholdninger og erhverv stammer især fra opvarmning af bygninger med olie og naturgas. Disse udledninger er også reduceret markant, men heller ikke denne sektor er helt i mål.

“Der skal lægges strategier for, hvordan sektorerne på den lange bane kan blive klimaneutrale, men også hvordan de allerede nu kan bidrage til at reducere Danmarks udledninger”

Derimod er udledningerne fra sektorer som transport, landbrug og industri kun faldet beskedent eller endda steget. Her skal der til at ske noget, både i form af konkrete initiativer og langsigtede strategier. Landbruget har eksempelvis udmeldt ambitioner om at være klimaneutral i 2050. Det er dog vigtigt, at sådan en vision følges op af reel handling, der giver resultater på den korte bane. Du kan læse mere om de forskellige sektors udfordringer og muligheder for at reducere udledningerne sidst i dette oplæg.

Både teknologi og adfærdsændringer skal i spil

Udledninger kan reduceres både via teknologiske løsninger og ændret adfærd. Teknologiske løsninger indebærer, at vi producerer varer og tjenester på en ny måde, der ikke belaster klimaet i samme grad. Et eksempel er elbilen, som kan erstatte en bil drevet af benzin. På nogle områder har vi allerede grønne teknologier, der kan tilfredsstille mange af de samme behov som de fossile, men på andre områder er sådanne teknologier meget langt fra at være færdigudviklede.

Sandsynligvis får vi ikke alle de nødvendige teknologiske redskaber til at fjerne samtlige udledninger, eller også viser de sig at være for dyre. Derfor er det højst sandsynligt nødvendigt, at både virksomheder og forbrugere ændrer adfærd og får et forbrug, der i mindre omfang medfører drivhusgasudledninger. Fx skal vi måske flyve mindre og spise færre animalske fødevarer. •



Jørgen Elmeskov

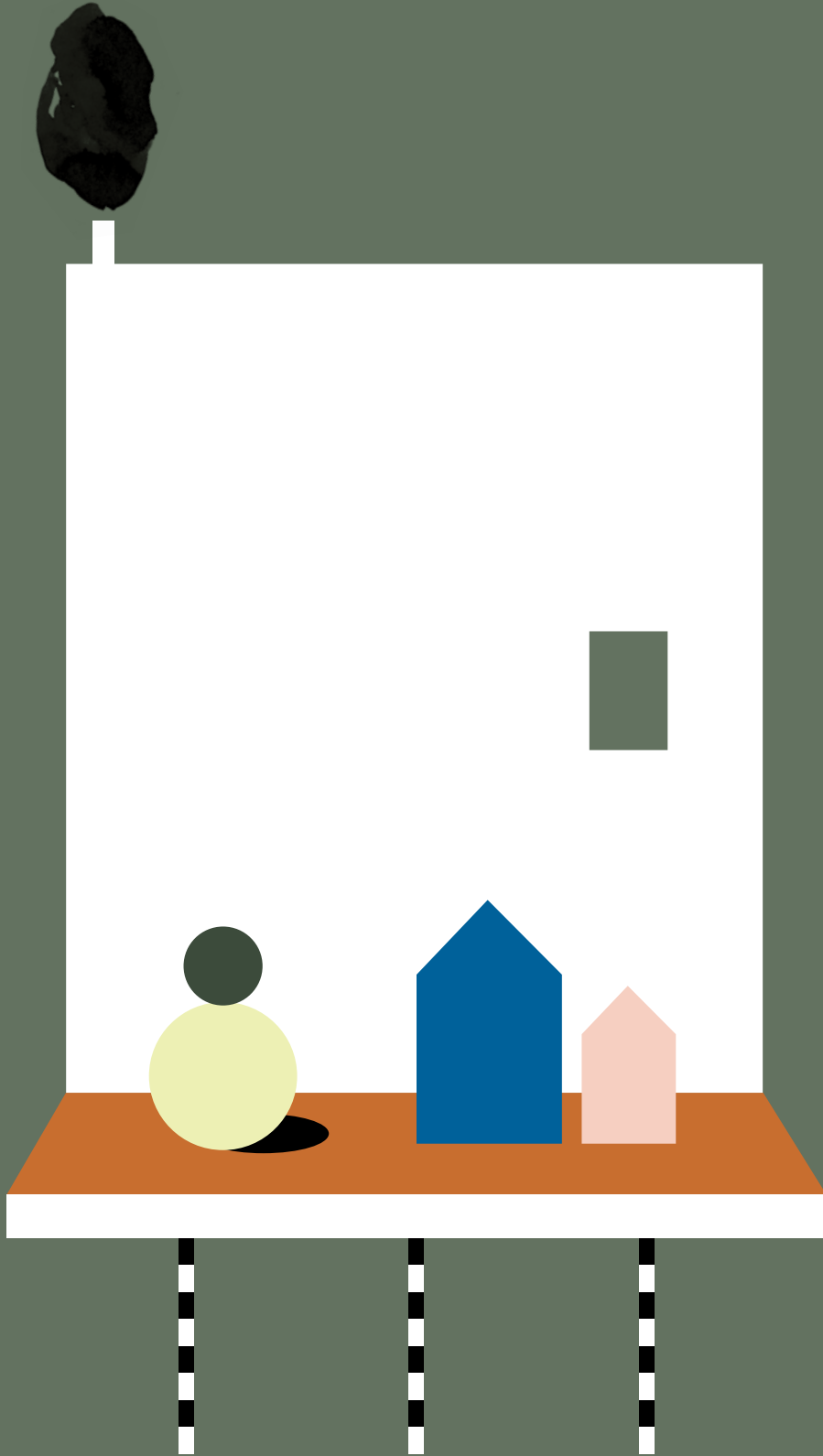
Medlem af Klimarådet og rigsstatistiker hos Danmarks Statistik med stor erfaring med samfundsøkonomiske analyser og rådgivning om økonomisk politik. Tidligere ledende medarbejder i OECD og medlem af blandt andet Klimakommissionen.

Hvad er vigtigst: Teknologiuudvikling eller ændret forbrugeradfærd?

“Det er ikke et enten-eller, og mange politiske instrumenter skubber både forbrugeradfærd og teknologiuudvikling i den rigtige retning. Fx kan en afgift på drivhusgasudledninger tilskynde forbrugere og virksomheder til at ændre adfærd, men også tilskynde producenterne til at vælge mere klimavenlige produktionsmetoder. Uden teknologisk udvikling kommer vi selvfølgelig ikke langt. I den forbindelse er det vigtigt at se på, hvad den udvikling kommer af, og her er erfaringen, at hvis politikerne opstiller de rigtige rammer og troværdige, langsigtede strategier, så skaber vi de bedste vilkår for nye teknologiske løsninger. Det har vi fx set med vindmølleteknologien.”

Kan vi nå hele vejen med teknologi?

“Nej, det kan næppe lade sig gøre, og det vil højst sandsynligt heller ikke være det mest omkostningseffektive. En række undersøgelser viser, at det bliver tæt på umuligt at nå i mål uden også at ændre forbrugeradfærd. Og selv hvis det var muligt, er det meget sandsynligt, at nogle teknologier simpelthen er så dyre, at det er billigere for samfundet, at forbrugerne og virksomhederne ændrer adfærd.”



Alene udgør Danmarks udledninger kun en meget lille del af klimaproblemet. Men danskerne har stor mulighed for at påvirke udledningerne i andre lande, fordi vi køber mange produkter, som produceres i andre lande, og fordi dansk klimapolitik kan inspirere andre lande til at gøre mere. En vigtig diskussion er derfor, i hvor høj grad Danmark kan og bør påvirke udledningerne i andre lande.

Dansk klimapolitik skal ses i et internationalt perspektiv

Klimaforandringer er et globalt problem, hvor det er de samlede globale udledninger, der tæller. En vigtig problemstilling er derfor ikke kun, hvordan Danmark bedst reducerer drivhusgasudledningerne fra dansk grund, men også hvordan Danmark bedst muligt kan bidrage til at reducere de globale udledninger.

De nuværende danske og internationale klimamål og -aftaler forholder sig til de såkaldte territoriale udledninger. De territoriale udledninger for Danmark medtager kun udledninger, som sker inden for Danmarks grænser. Det kan være fra danske kraftværker, fabrikker, landbrug, bygninger og biler.

Danskernes forbrug skaber udledninger i udlandet

Danskerne bidrager imidlertid også til udledninger i resten af verden gennem vores forbrug af varer og tjenester, der er produceret i udlandet. Man kan derfor vælge at opgøre danskernes såkaldte forbrugsrelaterede udledninger og derved få et billede af, hvordan den enkelte dansker påvirker klimaet. En forbrugsrelateret opgørelse indbefatter fx de udledninger, der er forbundet med produktionen af en bil købt i Danmark, selvom bilen er produce-

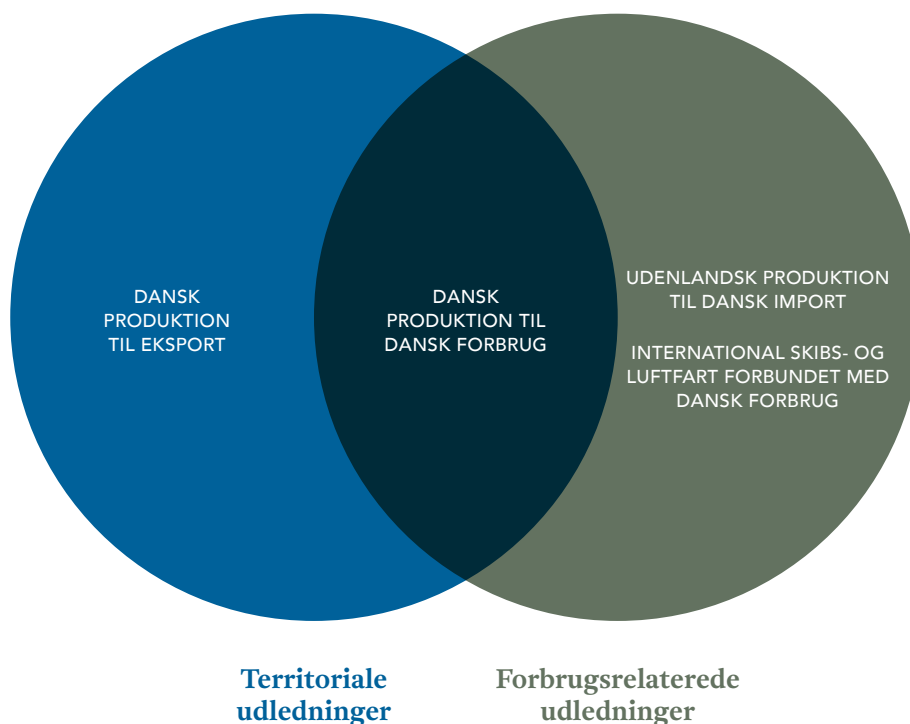
ret i Tyskland. Omvendt fraregnes udledninger fra danske varer, der eksporteres. Figur 3 illustrerer forskellen på de to typer opgørelser.

Der er de seneste år lavet flere opgørelser af de danske forbrugsrelaterede udledninger. Mange af opgørelserne viser, at de danske forbrugsrelaterede udledninger er større end de territoriale udledninger. Det er de, fordi Danmark importerer og forbruger varer som fx biler, der giver anledning til relativt store udledninger, når de bliver produceret, og fordi danskerne har et relativt højt forbrug af flyrejser. Til sammenligning er Danmarks eksport relativt mindre drivhusgasintensiv.

Der kan dog konstateres store forskelle på tværs af de forbrugsrelaterede opgørelser, og det indikerer, at der er stor usikkerhed forbundet med at opgøre et lands udledninger med denne metode.⁴

Udfordringen ved at opgøre forbrugsrelaterede udledninger består blandt andet i at identificere, hvor store drivhusgasudledninger produktionen af importerede varer har medført. Den internationale handel gør, at produktionen af en given vare fører til udledninger i mange forskellige lande, fordi forskellige komponenter produceres forskellige steder, ligesom der udledes CO₂, hver gang varen transporteres fra et sted til et andet. Opgørelserne af de for-

Figur 3: Sammenhæng mellem territoriale udledninger og forbrugsrelaterede udledninger



brugsrelaterede udledninger kræver derfor, at man præcist kan identificere udledningerne gennem hele produktionskæden fra råstoffer til færdigt produkt, og det kræver en omfattende og uhyre vanskelig kortlægning. I stedet tilnærmer man sig en præcis opgørelse ved at bruge modeller, der blandt andet tager højde for generelle handelsmønstre.

Dansk klimapolitik regulerer primært territoriale udledninger

På globalt plan har man valgt, at hvert land er ansvarligt for udledningerne fra eget territorium. Det har to klare fordele. For det første er det mere enkelt at opgøre de territoriale udledninger frem for de forbrugsrelaterede udledninger. For det andet kan hvert land nemmere regulere de udledninger, der sker inden for landets grænser, fx ved at lægge en CO₂-afgift på afbrænding af fossile brændsler. Omvendt betyder det, at internationale udled-

“Danmark kan påvirke de globale udledninger ved at hjælpe andre lande med at reducere deres territoriale udledninger gennem indsatser, der bygger på vores egne gode erfaringer”

ninger fra skibs- og luftfart ikke reguleres af noget land, men kun reguleres gennem deres respektive organer i FN.⁵

Hvis alle lande havde tilstrækkeligt stramme klimamål, ville Danmarks forbrugsrelaterede udledninger falde i takt med, at andre landes udledninger blev reduceret. Hvis udledningerne fra den internationale fly- og skibsfart ligeledes blev begrænset i henhold til Parisaftalen, ville der kun være behov for, at Danmark fokuserede på sine territoriale udledninger.

Desværre har mange lande i dag ikke klimamål, der sikrer, at deres udledninger falder tilstrækkeligt.⁶ Dermed risikerer udledningerne fra andre lande at stige, hvis dansk forbrug medfører øget produktion i disse lande. Hvis landene, som fx producerer en stor del af verdens tøj, ikke har ambitiøse klimamål, kan et øget dansk tøjforbrug medføre højere udledninger i landet, der producerer tøjet.

De forbrugsrelaterede udledninger kan reduceres af især forbrugere og virksomheder. Mange borgere og virksomheder ønsker at bidrage til den grønne omstilling, og man kan fx allerede i dag se en tendens til, at især unge er begyndt at spise mindre kød. Politikere og myndigheder kan hjælpe forbrugere og virksomheder med at foretage klimavenlige valg gennem oplysningskampagner, mærkningsordninger eller lignende. Potentialet ved disse virkemidler er omdiskuteret, og der er mange ukendte faktorer, men de kan vise sig at være relativt billige klimatiltag med en positiv effekt på de globale udledninger af drivhusgasser.

En ambitiøs klimapolitik kan inspirere andre lande

En anden måde, hvorpå Danmark kan påvirke de globale udledninger, er ved at hjælpe andre lande med at reducere deres udledninger gennem indsatser, der bygger på vores egne gode erfaringer. Hvis Danmark fører en ambitiøs klimapolitik, kan det bidrage til, at andre lande øger deres klimaindsats på i hvert fald to måder:

For det første kan Danmark være et eksempel til efterfølgelse for andre lande. Danmark har, ligesom en række andre lande vist, at det er muligt at reducere drivhusgasudledningerne samtidig med, at økonomien vokser. Det har vist andre lande, at den grønne omstilling ikke nødvendigvis er meget dyr for samfundet, og de redskaber, teknologier og løsninger Danmark har benyttet, fx inden for vindenergi, energieffektiverende teknologier og fjernvarme også kan benyttes i andre lande. Det har betydet, at mange lande køber og studerer de danske løsninger for at implementere dem hjemme. En anden måde at overføre erfaringer fra Danmark til andre lande er via samarbejder mellem landenes myndigheder.

For det andet kan lande, der har gjort meget for at reducere udledningerne, generelt tale med større vægt i de europæiske og internationale forhandlinger. På den måde kan et land som Danmark potentielt hjælpe med at øge de internationale klimamål i en mere ambitiøs retning. •



Marie Trydeman Knudsen

Medlem af Klimarådet, forsker ved Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet. Forsker blandt andet i landbrugets udledninger, livscyklusanalyser af fødevarer og metoder til at reducere udledningerne fra fødevarerproduktionen.

Hvorfor kan vi ikke bare nøjes med at se på de danske udledninger?

”Vi skal selvfølgelig fokusere på at reducere udledningerne fra dansk grund, men det er vigtigt, at vi i Danmark ikke laver nogle løsninger, som gør, at udledningerne stiger i andre lande. Det altoverskyggende mål er at reducere de globale udledninger.”

Hvad kan forbrugerne gøre?

”Forbrugere og virksomheder træffer mange valg, som har indflydelse på de globale drivhusgasudledninger. Et sted at starte, hvor det ofte er nemmest for folk at gøre noget, er ved transport- og fødevarervalg, hvor færre flyrejser og færre animalske fødevarer er klimavenlige valg. Men også varer som fx tøj har et relativt stort klimaftryk. Det er bedre at købe kvalitet, der holder, og som man bruger i lang tid, frem for billige varer, som hurtigt går i stykker og skal skiftes ud.”



Det er vigtigt, at der tænkes på tværs af sektorer, når der skal findes metoder til at blive klimaneutral. Redskaberne til at reducere udledningerne findes nemlig ikke altid i samme sektor, som hvor udledningen sker.

Løsninger skal findes på tværs af sektorer

Drivhusgasudledninger kommer fra rigtig mange forskellige kilder og sektorer i Danmark, hvilket ofte gør løsningen på problemet meget uoverskuelig. For at gøre opgaven mere overskuelig kan det være gavnligt at bryde udledningerne op i mindre bidder og fx fokusere på, hvilke sektorer udledningerne kommer fra. Det kan dog nemt lede til den fejlslutning, at man også altid skal finde redskabet til at løse problemet inden for den sektor, udledningerne kommer fra.

Ofte fås den bedste reduktion af udledningerne fra en sektor ved at lave tiltag i en anden sektor. Fx har energiforbedringer af bygningsmassen bidraget til at mindske behovet for varmeproduktion, og udviklingen af energibesparende teknologier i industrien kan reducere behovet for at producere elektricitet.

Meget tyder på, at mange af redskaberne til at opnå et klimaneutralt samfund i 2050 i endnu højere grad end tidligere skal gå på tværs af to eller flere sektorer.⁷ Fx peger en del analyser på, at elbiler bliver afgørende for at reducere udledningerne fra personbiltransporten. Men forudsætningen for, at et skifte til elbiler reducerer udledningerne af CO₂, er, at det ekstra elforbrug kommer fra grøn elektricitet. Hvis elproduktionen i stedet øges på kul-kraftværkerne, vil den gavnlige klimaeffekt være begrænset. Derfor skal et øget elforbrug følges op af udbygning med vedvarende energi. Samtidig kan batterierne i elbiler, der holder stille, bidrage til at lagre elektricitet og give fleksibilitet til elsystemet, når en øget andel af vind- og solenergi i fremtiden giver langt mere variabel elproduktion. Figuren på næste side skitserer, hvordan sektorerne er forbundet med hinanden. •



Poul Erik Morthorst

Medlem af Klimarådet og professor i energikøkonomi ved DTU Management. Forsker blandt andet i integration af vedvarende energi i det danske varme- og energisystem og i instrumenter til regulering af energi- og miljøforhold.

Hvorfor er det vigtigt at tænke på tværs af sektorerne?

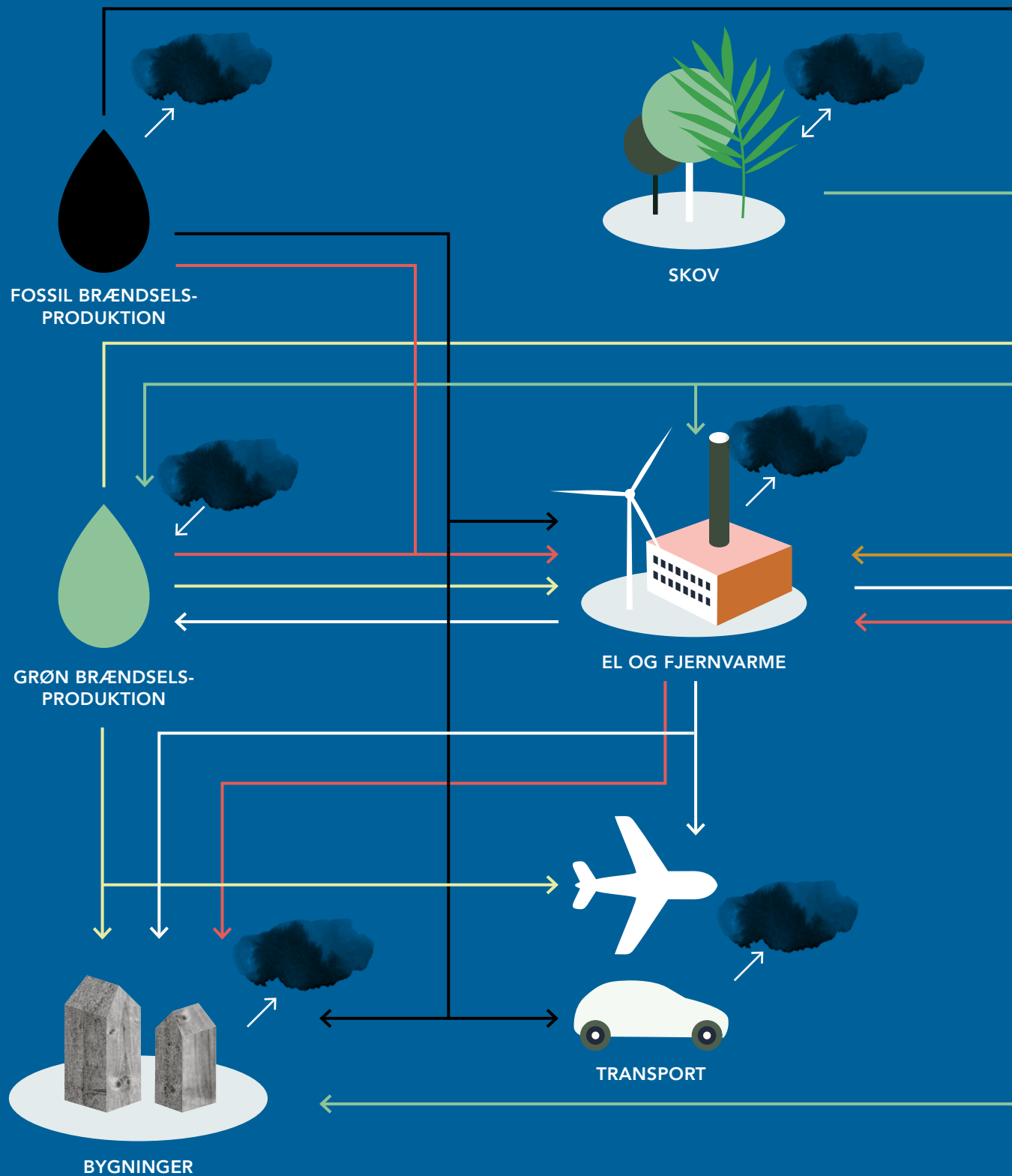
”At tænke de forskellige sektorer sammen, når der skal findes løsninger, er essentielt. Det er simpelthen ikke muligt at komme i mål, hvis vi ikke

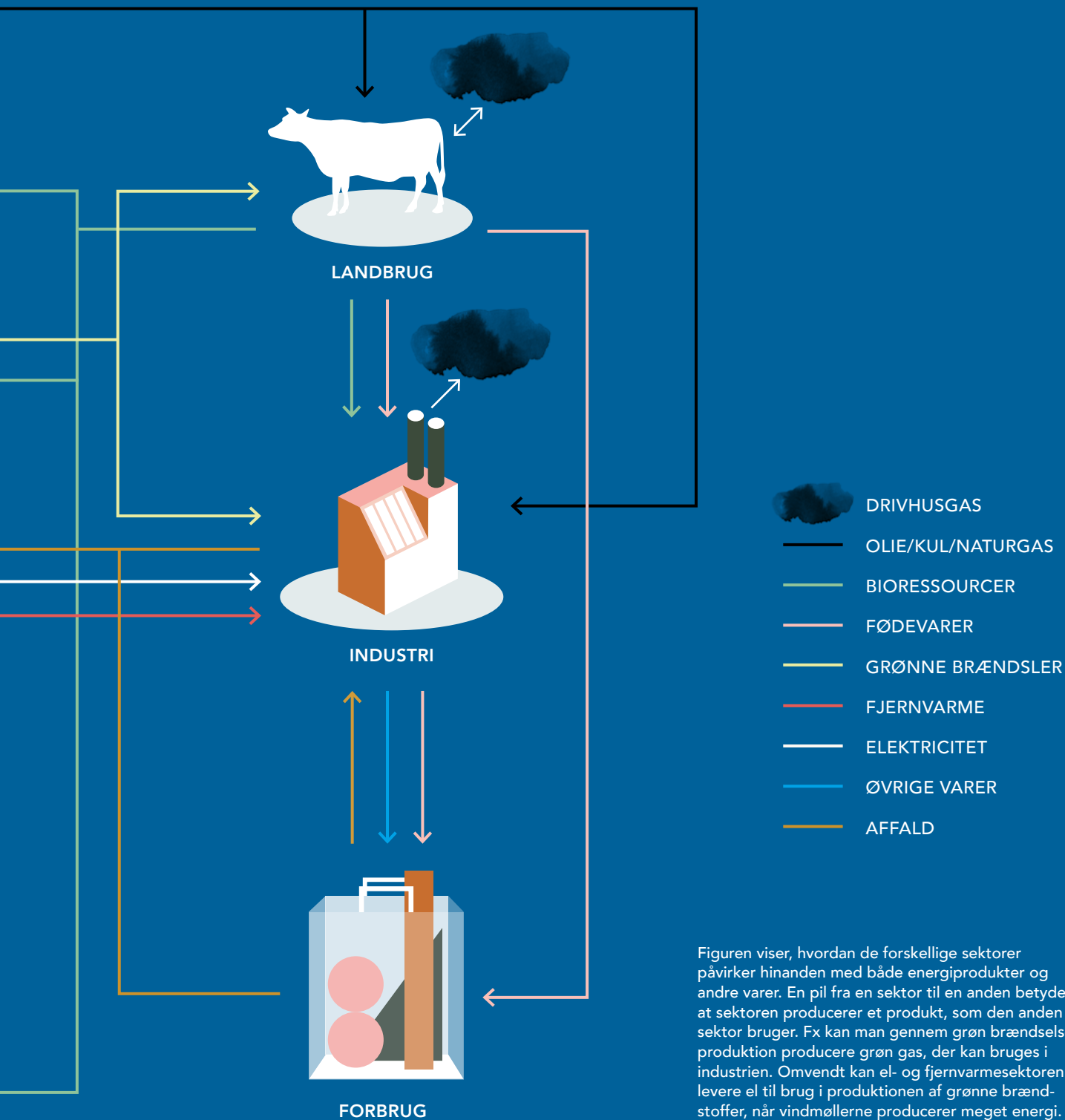
kommer væk fra at tænke hver sektor i en silo og over til at tænke løsninger på tværs af sektorer.”

Kan du nævne et godt eksempel på at tænke løsninger på tværs?

Grønne gasser. Klimaneutral gas kan produceres af landbrugets restprodukter eller via el, og når du så har klimaneutral gas, kan den bruges i fx den tunge transport, industrien eller i elproduktionen, når vinden ikke blæser.”

Figur 4: Sektorerne i Danmark hænger sammen





Figuren viser, hvordan de forskellige sektorer påvirker hinanden med både energiprodukter og andre varer. En pil fra en sektor til en anden betyder, at sektoren producerer et produkt, som den anden sektor bruger. Fx kan man gennem grøn brændselsproduktion producere grøn gas, der kan bruges i industrien. Omvendt kan el- og fjernvarmesektoren levere el til brug i produktionen af grønne brændstoffer, når vindmøllerne producerer meget energi.

Udfordringer og løsninger i forskellige sektorer

Det danske 2050-mål kræver omstilling i alle sektorer, også på den korte bane. For at løse opgaven bedst muligt bør vi i hver sektor have fokus på, hvor udledningerne kommer fra, og hvad vi kan gøre for at reducere disse udledninger. Som figuren på forrige side viser, så kan både udfordringer og redskaber til at begrænse udledningerne gå på tværs af sektorer, men for at skabe overblik over udfordringerne er det gavnligt at fokusere på udledningerne inden for en given sektor.

De næste par sider vil derfor gennemgå de vigtigste sektorer kilder til udledning, og hvordan udledningerne har udviklet sig historisk. Derudover gives der en række bud på forskellige metoder til at reducere udledningerne - både metoder, der findes i dag, og metoder, som vi måske har til rådighed i fremtiden. Hvilke metoder, der er bedst, er på nuværende tidspunkt stadig uklart i mange sektorer, og derfor skal de følgende beskrivelser ses som et oplæg til en diskussion om, hvordan Danmark kan komme i mål i 2050.

Udover de forskellige sektorer beskrives der også metoder til at opnå såkaldte negative udledninger, det vil sige at hive CO₂ ud af atmosfæren. Alt tyder nemlig på, at det ikke er tilstrækkeligt blot at reducere udledningerne. Det bliver også nødvendigt ligefrem at have negative udledninger.

Sektorerne, der gennemgås i det følgende, er:



LANDBRUG



ELEKTRICITET



TRANSPORT



BYGNINGER OG OPVARMNING



INDUSTRI



NEGATIVE UDLEDNINGER



Landbrug

UDLEDNINGERNE

Landbrugets udledninger kommer primært fra tre kilder:

- **Dyrenes fordøjelse:** Drøvtyggere som køer og får danner store mængder af drivhusgassen metan, når de fordøjer foderet.
- **Dyrenes gødning:** Gødningen nedbrydes blandt andet til metan og til lattergas, som er en anden drivhusgas.
- **Landbrugsjorde:** Når gødning og organisk materiale bringes ud på markerne, og det omsættes i jorden, dannes der lattergas.

Derudover findes en række andre udledningskilder i landbruget og fødevarerindustrien. Det gælder fx CO₂ og lattergas fra dræning og dyrkning af organiske jorde, forbrug af diesel til landbrugets maskiner, forbrug af olie og gas i forarbejdningen af fødevarer og ændringer i jordenes lager af kulstof. Mange af disse udledninger tælles dog ikke med i landbruget, men i andre sektorer.

HISTORISK UDVIKLING

Udledningerne fra landbruget er reduceret fra knap 13 mio. ton såkaldte CO₂-ækvivalenter (CO₂e) i 1990 til knap 11 mio. ton CO₂e i 2016. CO₂e er en fælles målestok, som alle drivhusgasser, herunder metan og lattergas, omregnes til, ud fra hvor meget de bidrager til at opvarme kloden. De 11 mio. ton CO₂e udgør knap 20 pct. af Danmarks samlede udledninger i 2016.

Faldet i landbrugets udledninger skyldes primært en reduktion af lattergasudledningerne fra landbrugsjorden, fordi vandmiljøplanerne i løbet af 1990'erne har medvirket til at mindske forbruget af kvælstofgødning på markerne. Siden 2010 er landbrugets udledninger ikke faldet.

METODER TIL AT REDUCERE UDLEDNINGERNE

Landbrugets muligheder for at reducere sektorens udledninger af drivhusgasser med dagens teknologiske løsninger er forskelligartede, men relativt begrænsede. Nogle af mulighederne er forsuring af gylle, som kan begrænse udledningerne fra dyrenes gødning, eller ændret foder, som har potentiale til at reducere metanudledningen fra dyrenes fordøjelse.⁸ En anden mulighed er at benytte dyrenes gødning til at producere biogas, som kan bruges som brændsel i andre sektorer.

Fælles for redskaberne i landbruget er dog, at de kun kan begrænse, men ikke helt fjerne drivhusgasudledningerne. Dette afspejles også i en analyse fra EU-Kommissionen, hvor landbrugets udledninger kun reduceres med en tredjedel i 2050 sammenlignet med i dag, hvis der udelukkende tages teknologiske redskaber i brug.⁹ Det er dog sandsynligt, at der frem mod 2050 opfindes nye teknologier, og disse kan måske skabe en helt anderledes fødevarerindustri med markant lavere udledninger.

Manglen på teknologiske redskaber til at reducere udledningerne i landbruget peger på, at det er nødvendigt at spise færre animalske fødevarer og i stedet erstatte dem med vegetabiliske fødevarer som korn, bælgplanter og grøntsager. I hvor høj grad danskerne er villige til at lave et sådan skifte, er svært at spå om, men der er noget, der tyder på, at især aldersgruppen mellem 18 og 34 år er begyndt at spise mindre kød end tidligere.¹⁰

Elektricitet



UDLEDNINGERNE

Historisk er elektricitet i Danmark især blevet produceret via afbrænding af kul, olie og naturgas med store CO₂-udledninger til følge. Dertil kommer afbrænding af affald.

På det seneste er en stor del af de fossile brændsler skiftet ud med biomasse i form af fx træpiller. Når man brænder træpiller eller andet biomasse af, kommer der også CO₂ ud af skorstenen, men i de officielle opgørelser tæller biomasse som CO₂-neutral og som vedvarende energi. Det skyldes blandt andet en antagelse om, at de træer, som brændes af, bliver genplantet, og at de nye træer over tid opsuger CO₂ fra atmosfæren svarende til udledningen fra de afbrændte træer.¹¹

HISTORISK UDVIKLING

De faktiske udledninger fra elproduktionen er faldet fra knap 21 mio. ton CO₂ i 1990 til knap 9 mio. ton CO₂ i 2016.¹² De 9 mio. ton CO₂ udgør knap 16 pct. af de samlede danske udledninger i 2016. Udledningerne er hovedsagligt reduceret, fordi andelen af vedvarende energi i den danske elproduktion er steget fra godt 4 pct. i 1994 til knap 71 pct. i 2017.

Den vedvarende energi kommer især fra vindmøller, solceller og biomasse. Samtidig er den samlede elproduktion faldet i perioden, hvilket yderligere har bidraget til at reducere sektorens CO₂-udledning.

METODER TIL AT REDUCERE UDLEDNINGERNE

Udbygningen med vedvarende energi i elsektoren er allerede godt i gang og forventes også at fortsætte fremover.¹³ Priserne på vindmøller og solceller er faldet betydeligt de seneste år, og det er derfor relativt billigt at mindske drivhusgasudledningerne fra elsektoren med velkendte teknologier.¹⁴

Omstilling til en fuldstændig klimaneutral elproduktion frem mod 2050 udfordres imidlertid af mindst tre forhold. For det første forventer Energinet, at det danske elforbrug vil være 25-50 pct. højere i 2035 sammenlignet med 2020 blandt andet på grund af nye datacentre. En klimaneutral elproduktion kræver derfor mange nye vindmøller og solceller.¹⁵ For det andet ses en stigende lokal modstand mod opsætning af vindmøller, solceller og højspændingsledninger. For det tredje kan det blive en udfordring, hvis tæt på 100 pct. af elektriciteten produceres med variable energikilder som vind- og solenergi, fordi elektriciteten skal være tilgængelig, når forbrugerne efterspørger den.

En løsning på udfordringen om, hvordan strømmen produceres, når vinden ikke blæser eller solen ikke skinner, er biomasse. Biomasse kan producere el på disse tidspunkter, men i praksis er der dog en begrænsning på hvor meget biomasse, verden kan producere, hvis biomassen skal være klimabæredygtig.¹⁶ Samtidig er det sandsynligt, at den tilgængelige klimabæredygtige biomasse vil gøre mere gavn i andre sektorer, hvor der ikke er så mange alternativer til de fossile brændsler. Det gælder fx i luft- og skibsfarten eller industrien. Alternativt er der flere teknologier, der på papiret kan lagre energien fra vindmøller og solceller, så den kan leveres til forbrugeren, når de har brug for den. Her er det nyttigt at skelne mellem teknologier, der kan lagre energi på kort sigt (timer eller døgn) og på lang sigt (måneder og sæsoner). Teknologier til langsigtet lagring kan eksempelvis være såkaldt power-to-gas, hvor grøn gas produceres ved hjælp af strøm. Gassen kan så senere bruges til at producere el i et gaskraftværk. Den grønne gas kan fx også bruges i industrien. Til den kortsigtede lagring kan løsningerne blandt andet være batterier.

Der er stor usikkerhed om den fremtidige pris på teknologier til at lagre elektricitet. Det er derfor usikkert, hvor meget dyrere det bliver at have en mere variabel vedvarende elproduktion fra solceller og vindmøller. En måde at mindske behovet for lagringsteknologier er ved at gøre elforbruget i husholdninger og virksomheder mere fleksibelt, så forbruget i højere grad tilpasses produktionen fra vindmøller og solceller.



Transport

UDLEDNINGERNE

Biler, busser, skibe og andre transportmidler drives i dag hovedsageligt af benzin, diesel og andre olieprodukter. Transporten stod for knap 24 pct. af Danmarks drivhusgasudledninger i 2016. Den transport, der foregår på vejene, udgør hele 91 pct. af transportens samlede udledninger, hvoraf personbiler er ansvarlige for 53 pct.-point af transportudledningerne, mens andelen for varebiler, lastbiler og busser er 37 pct.-point.

Udledningerne forbundet med international luft- og skibsfart er ikke inkluderet i Danmarks udledninger. I stedet opgøres og reguleres de af FN-organisationer på deres respektive områder. Derfor indeholder ovennævnte tal ikke udledningerne fra international luftfart og skibsfart.

HISTORISK UDVIKLING

Transportens udledninger er steget med cirka 21 pct. fra 1990 til 2016. Det skyldes, at udledningerne fra vejtransporten er steget med 26 pct., hvilket kompenseres en smule af, at udledningerne fra tog, indenrigsskibe og fly er faldet en anelse.

Hvad skyldes denne stigning i udledningerne? Kigger vi på personbilerne, er de i gennemsnit blevet meget mere effektive og kan køre flere kilometer pr. liter benzin eller diesel. Men antallet af kørte kilometer i Danmark er vokset mere end effektiviteten i bilerne, og derfor er det samlede forbrug af energi vokset.¹⁷ Dette er i sig selv ikke noget problem, hvis energien kommer fra vedvarende kilder, men i transporten er andelen af vedvarende energi meget lav, faktisk kun cirka 5 pct., og derfor er det øgede energiforbrug i høj grad blevet dækket af fossil energi, som benzin og diesel, hvilket nødvendigvis medfører en stigning i udledningerne.¹⁸

METODER TIL AT REDUCERE UDLEDNINGERNE

Reduktion af transportens udledninger kræver enten, at energiforbruget reduceres, eller at fossil energi erstattes af vedvarende energi. Det første kan ske ved at køre mindre i bil og i stedet fx benytte mere kollektiv transport. Et spørgsmål er, hvad der skal til for at flytte folk fra bilerne til den kollektive transport, idet beregninger har vist, at det kan være meget svært at få folk til at skifte til den kollektive transport.

Der er hovedsageligt to muligheder for at erstatte den fossile energi i transporten: En form for biobaseret brændstof eller elektricitet fra vedvarende kilder. Elektricitet kan bruges i transporten på flere forskellige måder enten direkte via batterier eller køreledninger, som man kender fra sporvogne, eller mere indirekte, hvor elektriciteten bruges til at producere brint fra vand, som så kan bruges direkte eller sættes sammen med kulstof, så der dannes såkaldte elektrobrændstoffer, der er stort set identiske med fossile brændsler bare uden CO₂-udledningen.

Der er bred enighed blandt analytikere om, at på vejene vil elbiler med batterier blive den dominerende teknologi inden for personbiler. Lastbiler er i modsætning til biler sværere at spå om, og forskellige analyser kommer frem til forskellige resultater.¹⁹ De forskellige teknologier har både fordele og ulemper, så hvilke(n) teknologi(er), der kommer til at drive fremtidens tunge transport, er stadig usikkert og kommer til at afhænge af, hvordan teknologierne udvikler sig.

For fly og skibe er mulighederne mere begrænsede, fordi direkte elektricitet fra batterier er mere besværligt, og fordi køreledninger ikke er en mulighed. I stedet forventes biobrændstoffer og elektrobrændstoffer at have et større potentiale. Begge teknologier anvendes dog kun i meget begrænset omfang i dag.

Luftfartens udledninger kan også nedbringes ved at reducere antallet af flyrejser. Det kan enten ske ved, at flere benytter tog som transportmiddel på kortere distancer, men man kan også forestille sig, at fx flere møder kan afholdes via internettet enten som telefonkonferencer eller måske via teknologier som virtual reality. Mere simpelt kan flyrejser også begrænses, hvis forbrugere i højere grad holder ferie tæt på eller i Danmark.



Bygninger og opvarming

UDLEDNINGERNE

Udledninger fra bygninger stammer hovedsageligt fra brug af olie, gas og kul til opvarmningen af bygningsmassen. Cirka 65 pct. af danske husstande har kollektiv varmforsyning i form af fjernvarme.²⁰ De resterende husstande står selv for deres opvarmning, såkaldt individuel varmforsyning, hvor varmekilderne hovedsageligt er gas-, olie- og biomassefyr samt individuelle varmepumper og direkte elvarme.

HISTORISK UDVIKLING

Udledningerne fra fjernvarmeproduktionen er reduceret fra cirka 4,5 mio. ton CO₂ i 1990 til cirka 2,8 mio. ton CO₂ i 2017. Det er blandt andet et resultat af, at andelen af vedvarende energi i fjernvarmen steg fra godt 23 pct. i 1990 til knap 59 pct. i 2017. Den vedvarende energi kommer i høj grad fra afbrænding af biomasse, som i 2017 udgjorde 43 pct. af brændselsforbruget i fjernvarmen.

Udledninger fra den individuelle varme er reduceret fra cirka 4,9 mio. ton CO₂ i 1990 til cirka 2,1 mio. ton CO₂ i 2017. Faldet skyldes blandt andet, at flere husstande er tilkoblet et fjernvarmenet, mens andre har skiftet oliefyret ud med eksempelvis et træpillefyr eller en varmepumpe.

METODER TIL AT REDUCERE UDLEDNINGERNE

Fjernvarme har et stort potentiale til at mindske udledningerne fra opvarmning i Danmark. Det skyldes primært to grunde. For det første findes der en bred vifte af vedvarende energikilder, som kan bruges i fjernvarme, og ifølge Fjernvarmens Informationsfond vil dansk fjernvarme i 2035 være baseret på 100 pct. vedvarende energi.²¹ På nuværende tidspunkt kommer en stor del af energien til fjernvarmeproduktionen fra biomasse, men i fremtiden vil solvarme, varmepumper og varme fra undergrunden, også kaldet geotermi, sandsynligvis udgøre en større andel af energien.²² Derudover kan overskudsvarme fra industrien og fra datacentre også hjælpe med at erstatte de fossile brændsler i fjernvarmesystemet.

For det andet kan udledningerne fra husstandenes individuelle gas- og oliefyr reduceres, hvis flere husstande bliver tilkoblet fjernvarmenettet. Det er især i byerne, at fjernvarme er mest rentabelt, og analyser har vist, at fjernvarme med fordel kan udvides.²³ Fjernvarme kan dog næppe udbredes til alle danskere, og der er derfor også brug for grønne løsninger i de huse, der ligger langt fra et fjernvarmenet.

Hvad end varmen produceres som fjernvarme eller i den enkelte bygning, skal den produceres via vedvarende energi. Eldrevne varmepumper er en af de mest lovende teknologier. Varmepumper benytter elektricitet til at producere varme i form af luft eller vand. Når elektriciteten kommer fra vedvarende energikilder, repræsenterer varmepumper en grøn opvarmningsteknologi, som kan benyttes i både private huse og i fjernvarmenettet. Varmepumper forventes at blive en konkurrencedygtig teknologi i fremtiden.²⁴

Naturgas, der bruges i den individuelle opvarmning, kan potentielt afløses af grønne gasser som eksempelvis biogas. Dog kan det tænkes, at den grønne gas på længere sigt gør mere gavn i andre sektorer, hvor der ikke er så mange alternativer.²⁵

En anden oplagt måde at reducere udledningerne fra opvarmningen er at mindske forbruget af varme ved hjælp af energieffektiviseringer. Både internationale og danske analyser peger på et stort potentiale for at bruge energien mere effektivt. På den måde skal man producere mindre energi, og det bliver på flere måder nemmere at drive energisystemet.²⁶



Industri

UDLEDNINGERNE

I 2016 stod industrien som helhed for cirka 12 pct. af de samlede udledninger i Danmark. Disse udledninger kan opdeles i to hovedkategorier:

- **Udledninger fra afbrænding af fossile brændsler:** Disse udledninger udgør cirka 4,5 mio. ton CO₂. De mest CO₂-udledende industrier er cementproduktion, olieudvinding i Nordsøen og olieraffinaderier. Der er dog også en masse mindre udledende industrier, fx emballageproduktion og fødevarerproduktion.
- **Udledninger fra industrielle processer:** Når der produceres cement, udleder de kemiske processer CO₂, som altså ikke kommer fra afbrænding af fossile brændsler. Andre industrielle processer udleder også drivhusgasser som fx de meget potente HFC-gasser, der benyttes som kølemidler i fx køleskabe. I alt udgør disse udledninger cirka 2 mio. ton CO₂e.

HISTORISK UDVIKLING

Industriens udledninger toppede i 1999 med godt 11 mio. ton CO₂e. Siden da er udledningerne faldet til 6,5 mio. ton CO₂e i 2016.

Faldet i udledningerne er blandt andet sket i fødevarerindustrien, hvor forbruget af fossil energi generelt er blevet mindsket, men hvor der også er sket et skift fra blandt andet olie til gas, som er et mindre CO₂-intensivt fossilt brændsel. Udledningerne fra cementproduktionen er stort set uændrede.²⁷

Der er også sket et fald i udledningerne fra industrielle processer. Blandt andet er produktionen af salpetersyre stoppet, og den udgjorde tidligere næsten halvdelen af udledningerne fra industrielle processer. Til gengæld er udledningerne af HFC-gasser steget fra 1990 til i dag, og nu står disse gasser for en betydelig del af udledningerne i industrien.²⁸

METODER TIL AT REDUCERE UDLEDNINGERNE

Industrien i Danmark består af mange forskellige processer, og derfor er metoderne til at reducere udledningerne også mangearterede. I cementindustrien kan anvendes nye cementblandinger, der kræver mindre opvarmning, og biomasse kan erstatte kul i opvarmningsprocessen. Der eksperimenteres med grøn cement, som kan mindske procesudledningen, omend teknologien stadig er på forsøgsstadiet. Der er altså på nuværende tidspunkt ikke klare løsninger til at mindske CO₂-udledningen fra de kemiske processer forbundet med cementproduktion.

I de øvrige fremstillingsvirksomheder kan udledningerne fra afbrænding af fossile brændsler reduceres enten ved at effektivisere brugen af energi eller ved at overgå fra fossile brændsler til vedvarende energikilder. Rådgivningsvirksomheden COWI vurderer, at der i produktionen af en række produkter er et betydeligt energibesparelsespotential.²⁹

Elektricitet ses ofte som et lovende redskab til at erstatte fossile brændsler. Hvis industrien kan bruge el i stedet for at bruge kul, gas eller olie, reduceres udledningerne i industrien, så længe elektriciteten produceres af vedvarende energi. Den ekstra el, som industrien skal bruge, kan produceres via vindmøller eller andre vedvarende kilder, og på den måde kan udledningerne i industrien helt fjernes.

Elektricitet kommer helt sikkert til at spille en vigtig rolle i dele af industrien, men det er næppe sandsynligt, at sektoren fuldstændigt kan elektrificeres. Elektricitet er fx ikke så anvendeligt, hvis en virksomhed har brug for meget høje temperaturer i sin produktionsproces. I sådanne tilfælde kan en løsning være at benytte andre vedvarende energikilder som fx biogas.



Negative udledninger

TEKNOLOGISKE OG BIOLOGISKE LØSNINGER

Det vil med al sandsynlighed blive nødvendigt at fjerne CO₂ fra atmosfæren for at holde koncentrationen i atmosfæren nede. Dette kaldes også negative udledninger. Nogle af de mest oplagte muligheder til dette er:

- Forøgelse af eksisterende skove og ny skovrejsning
- Indfangning af CO₂ i skorstenen, når der afbrændes biomasse på kraftværker og store industrianlæg, såkaldt Bio Energy Carbon Capture and Storage
- Direkte opfangning af CO₂ fra luften, såkaldt Direct Air Capture.³⁰

Det er særdeles usikkert, hvor gode mulighederne reelt er for at fjerne CO₂ fra atmosfæren med disse redskaber, fordi det indtil nu kun er skovrejsning, der på verdensplan er demonstreret i stor skala. Potentialet for redskaberne diskuteres nedenfor.

POTENTIALE I DANMARK

Forøgelse af eksisterende skove og ny skovrejsning

Når planter vokser, optager de CO₂ fra luften. Kulstoffet (C) lagres i planten. Jo flere træer, der vokser og optager atmosfærens CO₂, jo mere mindskes mængden af CO₂ i atmosfæren.

Der er et begrænset potentiale for at øge optaget af CO₂ ved at plante nye skove eller lade eksisterende skove vokse. De danske skove skønnes at have trukket 29 mio. ton CO₂ ud af atmosfæren siden 1990³¹ og forventes fremover at bidrage med optag på 1,3-1,6 mio. ton CO₂ årligt, svarende til cirka 3 pct. af Danmarks udledninger i 2016.³²

Indfangning af CO₂ fra skorstenen

Forskellige teknologier kan udskille CO₂ fra skorstenen, når der afbrændes enten fossile brændsler eller biomasse. Hvis denne CO₂ lagres i undergrunden, skader den ikke klimaet. Benytter man metoden ved afbrænding af biomasse, giver det negative udledninger. Det skyldes, at biomassen i sin levetid har optaget CO₂ fra atmosfæren, som så lagres i undergrunden. Det giver plads til, at der kan plantes ny biomasse, som kan optage ny CO₂.

Metoden anses for at have det største potentiale for negative udledninger, måske op imod, hvad der svarer til Danmarks samlede CO₂-udledning i 1000 år.³³ Det skyldes, at der er mange steder i den danske undergrund, som er velegnede til at lagre CO₂ permanent. Samtidig er en stor del af de danske kraftvarmeværker allerede omstillet til at kunne brænde biomasse af. Potentialet begrænses dog af tilgængeligheden af, hvor meget bæredygtig biomasse, der er tilgængeligt.

Direkte opfangning af CO₂ fra luften

Potentielt er det også muligt at trække CO₂ direkte ud af luften og permanent lagre dette i undergrunden, såkaldt Direct Air Capture. På nuværende tidspunkt findes der kun relativt små forsøgsanlæg rundt om i verden,³⁴ og teknologien forventes ikke at være omkostningseffektiv inden for den nærmeste fremtid.

OMKOSTNINGER

Omkostningerne ved negative udledninger i fremtiden er meget usikre. Meget tyder på, at skovrejsning vil være en af de billigste metoder, omend prisen i høj grad afhænger af prisen på jord. Estimer for indfangning af CO₂ fra skorstenen varierer fra 600-1400 kr. pr. ton CO₂ i 2050,³⁵ mens de for direkte opfangning af CO₂ fra luften er beregnet til 600-1600 kr. pr. ton CO₂ afhængig af omkostninger til den gas eller el, der skal bruges i processen.³⁶

Slutnoter

1. UNEP, Emissions gap report 2018, 2018
2. IPCC, Special Report: Global Warming of 1,5°C, 2018
3. UNEP, Emissions gap report 2018, 2018; European Commission, In-Depth Analysis In Support Of The Commission Communication Com(2018) 773 - A Clean Planet for all - A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, 2018; IPCC, Special Report: Global Warming of 1,5°C, 2018
4. Energistyrelsen, Notat - Carbon footprint – Danmarks udledning af drivhusgasser, 2014
5. For nærmere beskrivelse af reguleringen af international luftfart og skibsfart se Klimarådet, Status for Danmarks klimamålsætninger og -forpligtelser 2018, 2018
6. UNEP, Emissions Gap Report 2018, 2018
7. Energinet, Systemanalyse 2035, 2018
8. Olesen, J. E. m.fl., Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget, 2018
9. European Commission, In-Depth Analysis In Support Of The Commission Communication Com(2018) 773 - A Clean Planet for all – A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, 2018
10. Politiken, Fleksitarer: Næsten hver 5. unge spiser overvejende vegetarisk, 2017
11. Klimarådet, Biomassens betydning for grøn omstilling, 2018
12. Energistyrelsen, Energistatistik 2017, 2018
13. Regeringen (Venstre, Liberal Alliance og Det Konservative Folkeparti), Socialdemokratiet, Dansk Folkeparti, Enhedslisten, Alternativet, Radikale Venstre og Socialistisk Folkeparti, Energiaftale af 29. juni 2018, 2018
14. IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2017, 2018
15. Energinet, Systemperspektiv 2035, 2018
16. Klimarådet, Biomassens betydning for grøn omstilling, 2018
17. Danmarks Statistik, Statistikbanken, 2019
18. Energistyrelsen, Energistatistik 2017, 2018
19. Se fx European Commission, In-Depth Analysis In Support Of The Commission Communication Com(2018) 773 - A Clean Planet for all - European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, 2018
20. Dansk Fjernvarme, Fjernvarmeinfo, 2019 [<https://www.danskfjernvarme.dk>]
21. Fjernvarmens Informationsfond, Fjernvarme er grøn fornuft, 2019 [<http://www.fjernvarme.info>]
22. Dansk Fjernvarme, Fjernvarmen fortsætter grøn udvikling, 2018 [<https://www.danskfjernvarme.dk>]
23. COWI, Fremtidig varmeforsyning i hovedstadsregionen - udbygningskort for fjernvarmen, 2018
24. IEA, World Energy Outlook 2018, 2018
25. Energistyrelsen, Biogas i Danmark – status, barrierer og perspektiver, 2014
26. IDA, IDAs Energivision 2050, 2015; Ea Energianalyse, Samfundsøkonomisk værdi af varmebesparelser, 2018; IEA, World Energy Outlook 2018, 2018
27. DCE, Denmark's Inventory Report, 2018
28. DCE, Denmark's Inventory Report, 2018
29. COWI, Kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet, 2015.
30. EASAC – the European Academies' Science Advisory Council, Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?, 2018
31. Nord-Larsen, T. m.fl., Skove og plantager 2016, 2017
32. Nielsen, O.-K. m.fl., Projection of greenhouse gases 2017-2040, 2018
33. GEUS, CO₂-transport og -lagring i Danmark, oplæg på konferencen På vej mod klimaneutralitet den 13. november 2018, 2018
34. Carbon Engineering, About DAC, 2019 [<https://carbonengineering.com/>]
35. Fuss et al, Negative emissions—Part 2: Costs, potentials and side effects, 2018.
36. Keith et al, A Process for Capturing CO₂ from the Atmosphere, 2018

